A. hydr. 48[u]/16 4° Kaven

A. hydr. 48 u 4°

VORTRÄGE
ÜBER EISENBAHNBAU AM POLYTECHNIKUM ZU AACHEN.

VI.

KURZE

ANLEITUNG

ZUM

Projectiren von Eisenbahnen

VON

A. von Kaven,
DIRECTOR DES POLYTECHNIKUMS.

MIT 3 FIGURENTAFELN.

AACHEN.
VERLAG VON J. A. MAYER.
1878.

15/12.72
234 H

Technischer Verlag von J. A. Mayer in Aachen.

Von den

Vorträgen über Eisenbahnbau am Polytechnikum zu Aachen

von

A. von Kaven

wurden bisher folgende Abtheilungen ausgegeben:

I.

Dispositionen von Brücken und praktische Details.

20 Tafeln Skizzen.

2. Abdruck.

Fol. 1874. Preis 5 Mark 40 Pfg.

II.

Stützmauern und Steinbekleidungen.

Text in gross 8°. nebst einem Atlas von 7 Tafeln in Folio.

3. Abdruck.

1875. Preis 4 Mark.

III.

Traciren von Eisenbahnen.

30 Tafeln in Folio nebst vorgedrucktem, einleitenden Texte.

Fol. 1875. Preis 11 Mark 50 Pfg.

IV.

Vorarbeiten zu Eisenbahnen.

Mit 5 Tafeln.

Fol. 1876. Preis 10 Mark.

V.

Erdarbeiten bei Eisenbahnen.

37 Tafeln mit Literaturbericht.

Fol. 1877. Preis 15 Mark.

VORTRÄGE
ÜBER EISENBAHNBAU AM POLYTECHNIKUM ZU AACHEN.

VI.

KURZE

ANLEITUNG

ZUM

Projectiren von Eisenbahnen

VON

A. von Kaven,

DIRECTOR DES POLYTECHNIKUMS.

MIT 3 FIGURENTAFELN.

AACHEN.

VERLAG VON J. A. MAYER.

1878.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck von J. J. Beaufort (F. N. Palm) in Aachen.

Vorbemerkung.

Die vorliegende kleine Schrift ist aus dem Bedürfnisse entstanden, den Studirenden des Eisenbahnbaues am hiesigen Polytechnikum einiges Material zur Benutzung bei den Projectirungs-Arbeiten, für welche hier verschiedene, übergedruckte Pläne mit Horizontal-Curven als Unterlage dienen, zu geben. Seit etwa 7 Jahren, während welcher hier diese Uebungen betrieben werden, habe ich die verschiedenen Fragen, welche Anfänger in diesen Arbeiten zu thun pflegen, mir angemerkt und gesammelt, und in einer „kurzen Anweisung zum Traciren und Projectiren von Eisenbahnen", welche als Manuscript gedruckt war und seit Kurzem vergriffen ist, Hilfsmittel zur Beantwortung zusammengestellt.

Aus der Umarbeitung entstand die Vorlage „kurze Anleitung zum Projectiren von Eisenbahnen", welche bei den erwähnten Arbeiten vielleicht als nützlicher Rathgeber, zugleich mit Fingerzeigen auf weitere Hilfsmittel, wird gebraucht werden können. Demnächst wird eine „kurze Anleitung zur Rentabilitätsberechnung und Veranschlagung von Eisenbahnen" folgen, um die Studirenden in derartige

Untersuchungen einzuführen und ihnen das Weiterstudium auf diesem Gebiete zu erleichtern.

Obgleich die Vorlage zunächst für meine Zuhörer bestimmt war, ist sie, eben so wie die Abtheilungen I. bis V. der Vorträge, desshalb dem Buchhandel übergeben worden, weil auch Andere sie in ihrer früheren Fassung durch letzteren zu beziehen suchten und eine Verbreitung über das hiesige Polytechnikum hinaus erfolgte, die ich nicht beabsichtigt hatte.

Bei der Abfassung habe ich mich vielfältig, betreffs Zahlen-Angaben, wie man sie beim Projectiren, so lange eigenes Material mangelt, aufzusuchen pflegt und für weitere Erläuterungen, auf Bücher bezogen, die sich wohl in den Händen der meisten Eisenbahntechniker befinden, z. B. Heusinger's Kalender für Eisenbahntechniker, das deutsche Bauhandbuch; Henz-Streckert Erdarbeiten; Plessner, Anleitung zum Veranschlagen von Eisenbahnen etc., und eben so Hinweise auf die erschienenen Hefte I. und V. meiner Vorträge gegeben, um diese nutzbarer für den Gebrauch in der Praxis zu machen, in welcher, so viel mir bekannt geworden, meine früheren Schüler diese Hefte gern zu benutzen pflegen. Verschiedene Zahlenangaben obiger Bücher sind daher nicht noch ein Mal hier abgedruckt, um die Vorlage nicht zu umfangreich zu machen.

Die am Schluss citirten „Technischen Vereinbarungen", die Hauptbahnen, und „Grundzüge", die secundären Bahnen betreffend, wird Jeder, der sich mit Projectiren von Eisenbahnen bekannt machen will, besitzen und anwenden.

Nicht weniger habe ich auf die „Vorträge über Eisenbahnbau von Winkler" und das Handbuch für specielle Eisen-

bahntechnik von Heusinger v. Waldegg, auch das Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften von Heusinger, Franzius und Sonne verwiesen; eben so auf die Arbeiten von Heinzerling, welche reichliches und übersichtlich geordnetes Material für den Brückenbau bieten mich bezogen, um Diejenigen, welche sich unter Anleitung der Vorlage orientirt haben, zum Studium dieser ausführlichen Publikationen um so mehr zu veranlassen. Auch habe ich geglaubt, dass zahlreiche literarische Hinweise nützlich sein würden, für die Praktiker sowohl, welche die Literatur zu verfolgen keine Zeit haben, als auch für Diejenigen, welche bei den Diplom- oder Staats-Prüfungen Material zur Bearbeitung von Aufgaben aus dem Eisenbahnbau sich verschaffen wollen.

Die von mir früher herausgegebenen „Vorträge über Ingenieur-Wissenschaften, Abtheilung I., Einleitung zum Wege- und Eisenbahnbau und der Wegebau. 2. Aufl. Hannover Rümpler, 1870“, welche ich bei den Vorträgen und Constructionsübungen benutzte, sind seit längerer Zeit vergriffen und es gebrach mir bis jetzt an Zeit, dies Buch für eine 3. Auflage umzuarbeiten. Ich habe desshalb Einiges daraus abgekürzt abdrucken lassen, namentlich die im Jahre 1860 von mir zusammengestellten und beim Bau einiger hannoverschen Bahnen benutzten empirischen Formeln, welche in mehrere Bücher und Baukalender übergegangen sind, aber ohne Erläuterung leicht falsch verstanden und angewendet werden können. Manche sind geneigt, solche Formeln, die eigentlich nur Derjenige, welcher selbstständig ist und Erfahrungen besitzt, ohne Gefahr gebrauchen kann, ohne weitere Controle anzuwenden und ebenfalls mit irgend einem Sicherheitscoefficienten für alle Fälle zu rechnen, wesshalb ich hierüber, namentlich zum Nutzen der angehenden Techniker, einige Bemerkungen glaubte einfliessen lassen zu müssen.

Die kurz angegebenen Rechnungen über Leistungen der Locomotive, welche beim Projectiren nicht zu entbehren sind, habe ich nach dem übersichtlichen und vollständigen Aufsatze von Grove, im III. Bande von Heusinger's Spec. E. T., „der Locomotivbau“, zusammengestellt. In dem folgenden Hefte über Veranschlagung und Rentabilität wird darüber Ausführlicheres, namentlich betreffs des Zusammenhanges zwischen Construction und Leistung der Locomotive einerseits und Tracirung und Profilirung der Bahn andererseits, sich finden, damit den Studirenden das Verständniss der detaillirten Arbeiten von Koch, Szabo, Launhardt und Anderen, erleichtert werde.

Vornehmlich hat mich der Wunsch, durch eine kurzgefasste Uebersicht und einige praktischen Winke meinen jetzigen und früheren Zuhörern nützlich zu sein, zur Abfassung der Vorlage veranlasst. Die Darstellung musste desshalb, dem Zwecke entsprechend, verschieden ausführlich sein. Ich hoffe, dass Fachmänner, denen diese kleine Arbeit zu Händen kommen sollte, diese Umstände bei einer Beurtheilung erwägen und Nachsicht üben werden.

Aachen, im December 1877.

v. Kaven.

Inhalts-Verzeichniss.

Einleitung.

pag.

a. Charakteristik der Eisenbahnen 1
b. Programm für eine Bahn-Anlage 4
c. Erläuterungsbericht 5

A. Vorerwägungen.

1. Allgemeines 7
2. Aptirung der Horizontal-Curven-Pläne 8
3. Erwägungen beim Traciren und erstes Studium der Karten
   a. wegen der Beschaffenheit der Terrainoberfläche 9
   b. wegen der Beschaffenheit der Bodenarten zur Herstellung von Einschnitten, Tunneln, Dämmen etc. 10
4. Ursachen, welche die erste Trace und das Profil modificiren 11
5. Kunstbauten und deren Einfluss auf die Erdarbeiten 12
6. Lage der Bahnhöfe und deren Einfluss auf Profil und Trace 13
7. Einige beim Projectiren zu beobachtende Regeln 13
   a. Gradienten; b. Anzahl Gleise; c. Erdarbeiten; d. Wege-Ueberführungen und Unterführungen; e. Entwickelung der Linie; f. Einfluss der Kosten des Grunderwerbes; g. Höhenlage des Planums; h. Graben-Anlagen; i. Wasserverhältnisse und Brücken; k. Bahnanlagen parallel dem Wasserlaufe; l. Bahnanlagen in engen Thälern; m. heftigen Winden ausgesetzte Stellen; n. Tunnel; o. nahe stehende Gebäude.

Note ad c. wegen Compensation der Erdarbeiten 22
8. Curven in den Winkelpunkten 24
9. Erfolg der fortgesetzten Bearbeitung 25
10. Wahl der maassgebenden Gradiente 27
   Verminderung der Geschwindigkeiten auf starken Steigungen und in starken Curven; Gleichmässigkeit der Gradiente erwünscht, event. Theilung in verschiedene Betriebsstrecken; Länge starker Steigungen.

B. Traciren.

11. Verfahren beim Traciren 31
12. Maassgebende Zwischenpunkte 32
13. Aufsuchen der Trace auf dem Horizontal-Curven-Plan 33
   Vorläufig ermittelte Lage in der allgemeinen Richtung; Null- oder Leitlinie; Verschiedenheit des Verfahrens in coupirtem Terrain und in der Ebene; Profil mit Berücksichtigung des Curvenwiderstandes.
14. Genauere Beurtheilung der Linie beim Auftragen des Längenprofils 35
15. Verbesserung sich zeigender Mängel 36
   Verbesserung der Trace bewirkt oft Verschlechterung betreffs der Gradiente und umgekehrt; Terrainbildungen, welche man vermeiden muss; hohe Dämme und tiefe Einschnitte; Beispiele von solchen auf fremden und deutschen Bahnen.

Pag.

16. **Stationiren der definitiven Linie und Auftragen des Längenprofils** 38
Querprofile des Terrains. Normalprofile der Bahn und Festsetzung der Böschungen für verschiedene Stellen der Linie je nach Beschaffenheit des Terrains.
17. **Anordnung der Bahngräben** 39
Bestimmung in flachem Terrain, in coupirtem Terrain mit Hülfe der Querprofile. Gefälle und Dimensionen der Gräben; Gräben in Voreinschnitten der Tunnel.
18. **Aufstellung der Projecte der Wege- und Vorfluth-Anlagen** 40

C. Weitere Bearbeitung des Projectes.

Tit. I.

19. **Feststellung des Terrain-Bedarfs** 41
Was Alles die Terrainbreite ausmacht. Brandstreifen, Durchgang durch Wald etc. Berechnung der Flächen. Abstand nicht feuersicherer Gebäude.

Tit. II.

20. **Erd- und Felsarbeiten; auch Futtermauern** 43
Ermittelung der Erdmassen; Empirische Formeln für Stütz- und Futter-Mauern mit oder ohne Erdüberhöhung, und Bekleidungsmauern.
21. **Disposition der Erdtransporte** 46

Tit. III.

22. **Unterhaltung der Bahn während der Bauzeit und des ersten Betriebsjahres** . 47

Tit. IV.

23. **Einfriedigungen** 47

Tit. V.

24. **Wegeübergänge** 48
Anordnung derselben; Wärterdienstplan; Verfahren, um Ueberführungen im Niveau zu vermeiden.
Richtung derselben gegen die Bahn, Befestigung derselben, Rampen-Canäle; Wege-Ueber- und Unterführungen, gebräuchliche Maassen.
Construction der Wegeanlagen; Steigungen, Halbmesser und Breite der Wege,

Tit. VI.

25. **Durchlässe und kleinere Brücken bis zu 10 Meter lichter Weite,** und

Tit. VII.

26. **Grössere Brücken** 53
1. **Anordnung der Brücken.** Ermittelungen der Wasser- und Vorfluthverhältnisse; Durchflussweite; Vorarbeiten bei kleineren Brücken; Höhenlage der Unterkante-Träger oder des Kämpfers bei grossen und kleinen Brücken, Rücksicht auf Schifffahrt. Am meisten öconomische Theilung der Gesammtweite.
2. **Ermittelung der Durchflussweite kleinerer Brücken aus dem Niederschlagsgebiete, nach Köstlin.** 57
3. **Eiserne Brücken und Anordnung der Höhenlage resp. Fahrbahn derselben.** Beispiel, wie viel mehr Höhe über Hochwasser eine massive Brücke, gegenüber einer eisernen, erfordert 59
4. **Empirische Formeln für Gewölbe und Widerlager** 61

Pag.

Gewölbe und Widerlager mit und ohne Erdüberschüttung, aus Quadern, Backsteinen und Bruchsteinen; Allgemeines betreffs Gebrauch der Formeln; Berechnete Pressungen bei grösseren gewölbten Brücken. Tabelle der Dimensionen von Halbkreis-Brücken unter hohen Dämmen. Tabelle der Dimensionen der gewölbten Brücken der Brennerbahn.

5. **Construction und Gewichte** kleinerer Brücken der Venlo-Hamburger Bahn . 71
— Aus den neuern Bestimmungen der Cöln-Mindener Bahn. — Tabelle ausgeführter Brücken dieser Bahn 75

6. **Empirische Formeln für die Stärke von Mittelpfeilern.** — Dimensionen der Pfeiler von schweizerischen Brücken. — Dimensionen einiger hannoverschen Brücken 82

7. **Notiz über den Werth und die Leistungsfähigkeit empirischer Formeln** . . 83
Practische Gesichtspunkte bei Ermittlung des Sicherheitsgrades — dynamische Wirkungen, Grösse der gedrückten Fläche, Beschaffenheit und Ausführung des Mauerwerks, Veränderung der Festigkeit durch äussere Einflüsse. Zusammenfallen der Resultante mit dem Schwerpunkte der gedrückten Fläche. — Zulässige Inanspruchnahme, Beispiele.

Tit. VIII.

27. **Tunnels.** 90
Verschiedene Fälle, wo die Anlage eines Tunnels in Frage kommt. — Normalprofil, Tunnelkosten 93

Tit. IX.

28. **Besondere Vorrichtungen und Gebäude zum Betriebe geneigter Ebenen.** . . . 93

Tit. X.

29. **Oberbau** 94
Dimensionen und Berechnung von Schienen. Beispiele von Schienen für secundäre Bahnen.

Tit. XI.

30. **Signale und Telegraphen** 96
Beispiel von der Venlo-Hamburger Bahn 96

Tit. XII.

31. **Bahnhöfe** 97
1. Vorschriften für die Aufstellung von Bahnhofsprojecten 97
2. Allgemeines über die Anordnung der Bahnhöfe 97
3. Entfernung der Bahnhöfe unter sich 97
4. Bahnhofsanlagen im flachen Terrain 98
5. Disposition der Bahnhofsanlagen bei der Venlo-Hamburger Bahn . . . 99
6. Bahnhofsanlagen im coupirten Terrain und bei Gebirgsbahnen 100
Länge der Bahnhöfe; Stationen der Gotthardbahn; Bemerkung über Länge der Bahnhofsgleise verglichen zur Bahnlänge.
7. Bestimmungen der Köln-Mindener Eisenbahn über Anlage der Bahnhöfe und die hauptsächlichsten Maassen 104

Tit. XIII.

32. **Sonstige und ausserordentliche Anlagen** 108
33. **Tit. XIV. Betriebsmittel, XV. Verwaltungskosten, XVI. Insgemein, XVII. Zinsen während der Bauzeit** 109

D. Das Betriebs-Material
in seinen Beziehungen zur Bahn.

a. Die Locomotive.

Pag.

1. **Allgemeine Gesichtspunkte** 111
   Zusammenhang der Anlagekosten, Betriebskosten und Frequenz der Bahn mit der zu wählenden maassgebenden Gradiente, Einfluss des Gewichtes der Locomotive resp. des adhärirenden Gewichtes 111
2. **Tabellen zur Berechnung der Locomotiven etc.**
   Tabelle I. über die durchschnittlichen Dimensionen verschiedener Arten Locomotiven 113
   Tabelle II. Gewichte und Dimensionen schwerer Maschinen auf breitspurigen Bahnen 114
   Tabelle III. Ueber den Dampfdruck bei verschiedener Dampfadmission und den Wasser- und Kohlenverbrauch bei Maschinen verschiedener Art . . 115
   Tabelle IV. über den mittleren indicirten Dampfdruck und den Dampfverbrauch 115
   Tabelle V. über das Güteverhältniss der Maschine bei verschiedener Dampfadmission 116
3. **Leistungen gegebener Locomotiven** 116
4. **Construction einer Locomotive von geforderter Leistung** 118
   Beispiel einer Güterzuglocomotive — Mögliche Gradiente bei Theilung des Zuges — Mögliche Gradiente bei mehr Dampfadmission und Ermässigung der Geschwindigkeit. — Berechnung einiger Haupt-Constructionstheile. — Beispiel der Anordnung bei der Gotthardbahn für den Betrieb der an die flachen Anschlussbahnen anschliessenden Rampen mit Vorspannmaschinen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten. — Geschwindigkeiten auf den hannoverschen Bahnen.
5. **Principalverhältnisse der Tender-Locomotiven von Krauss & Co. in München, für secundäre Bahnen, nebst Erläuterungen betreffs der Wahl der Locomotive. — Vergleichung mit Pferdebetrieb** 124

b. Die Fahrzeuge und die Bahn.

6. **Zusammenhang zwischen Spurweite, Spurerweiterung und festem Radstand** 128
   Beispiele für Vierräder und Sechsräder mit steifem Radstand; mit verschiebbarer Mittelachse. — Günstigster Radstand betreffs Abnutzung. — Tabelle über zulässige Radstände für breitspurige Bahnen — für engspurige Bahnen — Längen-Dimensionen von Locomotiven und Wagen auf breitspurigen Bahnen — Wagen und Locomotiven auf secundären Bahnen. Tabelle der Dimensionen von Personen- und Güterwagen einiger secundären Bahnen.
7. **Spurerweiterung und Ueberhöhung der äusseren Schiene in Curven** 135
   Beispiele von normalspurigen und schmalspurigen Bahnen.

E. Beispiel
des Ganges der Erwägungen und der Vorarbeiten für eine secundäre Bahn in gebirgigem Terrain

. 137

F. Anhang.

1. Einige Literatur betreffend gesetzliche Vorschriften 147
2. Kleine Bibliothek für den Eisenbahn-Ingenieur 147
3. Gebrauchte Abkürzungen 150
4. Rubriken der Literatur zu 30 Tafeln Traciren und Vorarbeiten 151
5. Rubriken der Literatur zu den 37 Tafeln Erdarbeiten 151

Einleitung.

Charakteristik der verschiedenen Classen von Eisenbahnen.

I. Internationale Bahnen, durchgehende Bahnen, Weltbahnen.

Hauptbahnen für den durchgehenden und directen Verkehr — Anlage durch den Staat oder grosse Compagnien — Subvention oder Zinsengarantien seitens des Staates — ausgedehnte Anwendung des Expropriationsgesetzes. — Möglichst kurzer und directer Weg, mit Beiseitesetzung der Local-Interessen, die durch Zweigbahnen zu vermitteln sind.

Flache Steigungen — Curven von grossem Halbmesser, daher oft grosse Erdarbeiten und Kunstbauten erforderlich — alle Arten Züge: Courir- und Schnellzüge, Personenzüge, gemischte Züge, Güterzüge, Viehzüge etc., — grosse Geschwindigkeit, — durchgehende Wagen — Billetausgabe für den internationalen Verkehr an vielen Stationen, — zahlreiche Nachtzüge. — Solide Bauart für grosse Geschwindigkeit, Acquisition des Terrains für 2 Geleise — massive und eiserne Brücken, hölzerne nicht zulässig, — ausgedehntes und vollständigstes Signalwesen, — vollständige Einfriedigung, Vermeidung von Bahnkreuzungen und Wegübergängen im Niveau, — grosse und luxuriöse Stationen und Verwaltungsgebäude, grosse Hallen, ausgedehnte vollständige Bahnhöfe, — bei grossem Verkehr oft Personen-, Güter- und Rangirbahnhöfe getrennt und weit von einander gelegen. — Grenze der Tarife: concurrirende Bahnen oder sonstige Hauptcommunicationen.

Tendenz und Möglichkeit, die niedrigsten Tarife einzuführen, weil sich die Generalkosten und Verzinsung der Bau-Anlage auf grosse Quantitäten vertheilen, daher die Einheit billig befördert werden kann. Differenzialtarife können den Verkehr befördern. Meistens Rückfracht, daher die Locomotiven, Wagen und Personal gut ausgenutzt werden. — Immer mit Dampfkraft betrieben, schiefe Ebenen mit stehenden Maschinen ausgeschlossen.

In der Rentabilität meistens von vorne herein nachweisbar. — Wichtig für strategische Zwecke. Breite Spur (4′ 8″ engl. = 1^{m}, 435), die anschliessenden Hauptbahnen nach ähnlichen Principien gebaut.

Princip: Die bessere Tracirung und Profilirung, die vollkommenen Einrichtungen des Betriebs-Materials und der Gebäude sind zwar kostbar, aber motivirt bei dem grossen Verkehr der Personen und Güter und ziehen diese an. Die durch so vollkommene Einrichtungen bewirkte Ersparniss an Betriebskosten ist grösser als die Verzinsung des Mehrs an Anlagecapital gegenüber unvollkommener hergestellten, daher billigeren Bahnen.

II. Nebenbahnen oder secundäre Bahnen

mit gewöhnlicher Spur (1 m, 435), wo beido Enden der Bahn an Hauptbahnen anschliessen oder wahrscheinlich zum Anschluss kommen werden; dienen mehr dem Localverkehr und berühren daher viele Orte, selbst mit einigen Umwegen; sollen durchgehenden Verkehr nicht besorgen, vermitteln aber Anschluss an die Hauptbahnen, befördern mit geringerer Geschwindigkeit sowohl die Personen- als Massentransporte. Wegen geringerer Geschwindigkeit, kleineren Radstandes der (oft zweiachsigen) Locomotiven, kleinerer und häufigerer Züge, sind Curven von kleinerem Radius und stärkere Steigungen zulässig; daher mit geringerem Kostenaufwande herstellbar, weil Erdarbeiten geringer, Kunstbauten in geringerer Anzahl erforderlich, Wegübergänge im Niveau zulässig, weniger Einfriedigung, einfachste Herstellung der Bahnhöfe, — Uebergang des Wagenmaterials der Hauptbahn auf diese Bahnen, schwere Locomotiven der Hauptbahn dagegen zuweilen ausgeschlossen, dann leichterer Oberbau zulässig.

Grundsätzliches Aufgeben der Opulenz in den Bau- und Betriebseinrichtungen der Hauptbahnen. — Am meisten kann man bei Erdarbeiten, Oberbau und den Bahnhöfen sparen.

Einfachster Betrieb, wenig Personal beim Betriebe und bei der Verwaltung. Sie haben mehr den Charakter von industriellen Unternehmungen, directe Staatssubventionen gering oder nicht vorhanden. Dagegen mögliche Betheiligung der Gemeinden und Anlieger, vollste Freiheit hinsichtlich der Bauwerke, besonders der Hochbauten, Zulassung von Holzbrücken, möglichste Einschränkung der bau- und betriebspolizeilichen Vorschriften, einfaches Signalwesen. Befreiung von baulichen Leistungen für Post-, Zoll- und Telegraphen-Verwaltung, von Leistungen des Betriebes für den Staat, z. B. billigem Transporte der Post, des Militairs, von Gefangenen etc., volle Freiheit in Festsetzung der Tarife, welche meistens höher sein müssen, als die der Hauptbahnen, weil der Verkehr geringer, und auch höher sein können, wenn nur der Concurrenz des Landfuhrwerks auf den gleichlaufenden Strassen zu begegnen ist.

Einfache Vorschriften betreffs Führung des Rechnungswesens und der Statistik, Zulassung der Benutzung von Chausseen und sonstigen Wegen,

Deichen etc. zur Mitbenutzung für die Bahn, Erleichterung des Grunderwerbes durch besondere und dem Unternehmen günstige Expropriations-Gesetze.

Die Herstellung kann noch gefördert werden durch Subventionen, Bauprämien etc. vom Staate, unentgeltliche Hergabe von Ländereien, Baumaterial etc., Befreiung des Unternehmens von Stempel, Zoll und ähnlichen Staats- und Gemeinde-Abgaben.

Endlich Begünstigung der Bahn durch die anstossenden Hauptbahnen, durch Gestattung der Mitbenutzung von Anlagen derselben, namentlich der Bahnhöfe gegen billige Vergütung; Abgabe von Betriebsmaterial zu billigen Kauf- oder Miethpreisen, Uebernahme der Betriebsführung unter günstigen Bedingungen für die secundäre Bahn; alles dies: weil auch der Hauptbahn durch gesteigerten Verkehr der secundären Bahn Vortheile erwachsen.

Princip: Bessere Entwickelung des Verkehrs als durch Landfuhrwerk geschehen kann, präcisere und massenhaftere Beförderung zu mehr fosten Tarifen, während die des Landfuhrwerks häufig Schwankungen in Folge von Angebot und Nachfrage ausgesetzt sind. Ueberhaupt Ermöglichung einer dem Verkehre angepassten, daher sofort sich verzinsenden Bahn, während eine Hauptbahn zu theuer und das Capital dazu nicht zu beschaffen sein würde.

III. Tertiäre Bahnen.

Aehnlich wie secundäre, für noch mehr untergeordnete Verhältnisse; Sackbahnen für voraussichtlich begrenzten Verkehr, meistens nur Orte von geringer Bedeutung verbindend, in Thälern oder auf Plateaux liegend, daher Vermeidung der Ueberschreitung von Bergrücken und tiefen Thälern. Productenbahnen zum Anschluss an Hauptbahnen und an secundäre Bahnen, geringer Personenverkehr, Transporte von Rohproducten, häufig nur geringes Transportquantum und kurze Entfernungen, starke Steigungen und Curven zulässig, geringe Geschwindigkeit, Anhalten an allen Stationen, vorwiegend gemischte Züge, Uebergänge im Niveau, welche nicht bewacht zu sein brauchen, einfachste Kunstbauten für ein Geleis, einfachste Bahnhöfe, zwangloser einfacher Betrieb, event. mit zur Zeit nur einem Zuge auf der Bahn, nur Tagesdienst; sonst wie bei secundären Bahnen.

Können auch mit kleinerer Spur als die Hauptbahnen gebaut werden (1 m bis 0 m 75), dann ist grosse Ersparniss an Erdarbeiten und Bauwerken möglich, weil bei enger Spur und kleinerem Radstande der leichteren Wagen Curven von kleinerem Radius zulässig, die Brücken weniger stark gebaut werden können, auch weniger Terrainbedarf erforderlich ist, wesshalb Benutzung des Terrains und der Brücken von vorhandenen Chausseen oft möglich, wobei zugleich die Wirthshäuser als Stationen dienen

können; die Wagen können so beschaffen sein, dass sie als gewöhnliches Fuhrwerk auch auf die Chaussee übergehen können.

Beim Verkehr mit Hauptbahnen ist Umladen erforderlich, dagegen können Bahnen mit enger Spur oft unmittelbar in die industriellen Etablissements zum Einladen geführt werden, was bei Hauptbahnen, weil dort die Curvenradien nicht unter ein bestimmtes Maass, dem Radstande der grösseren Wagen entsprechend, kommen dürfen, nicht immer angeht. Das event. von den Geleisen des Etablissements auf das Landfuhrwerk erforderliche Aufladen, oder überhaupt die Dazwischenkunft von Landfuhrwerk, kann bei engspurigen Bahnen also manchmal vermieden werden.

Bei geringen Entfernungen industrieller Etablissements von Hauptbahnen können, weil das Umladen verhältnissmässig stark auf den ganzen Transportpreis influirt, tertiäre Bahnen als breitspurige indicirt sein, besonders bei grossen Transportmassen; bei grösseren Entfernungen und geringem Transportquantum dagegen als schmalspurige. Der Betrieb schmalspuriger kann durch kleine Locomotiven oder auch durch Pferde geschehen. Erstere sind, weil sie den Zug bremsen können, bei starken Steigungen bequemer. Bei starken Steigungen event. Locomotiven mit Uebersetzung, und Zahnradbahn eingeschaltet.

Princip: Geringstes Anlagecapital für Bau und Betrieb, daher auch mit kleinen Mitteln die Anlage ermöglicht werden kann.

Secundäre und tertiäre Bahnen. Trc. L. XII. und Vrb. L. XII. und Heus. Spec. E. T. Band V.

Programm für eine Bahn-Anlage.

Allgemeiner Charakter derselben. Ermittelung der Grösse des Verkehrs. (Specifische Frequenz d. h. wie viel Netto Centner resp. Personen jährlich über jeden Kilometer Bahnlänge durchschnittlich fahren.) Theilung des Verkehrs nach beiden Richtungen und ob vorwiegend bergauf oder bergab. Grösse der Züge nach den muthmaasslichen Steigungen und Curven und damit zusammenhängende Geschwindigkeit. Die Güterzüge sind meistens entscheidend. Feststellung der täglichen Leistung, tägliche Anzahl Züge. Hieraus Erwägungen, ob secundäre Bahn und ob mit breiter oder geringerer Spur. Berücksichtigung der Zunahme des Verkehrs. Untersuchung, ob für eine Anzahl Jahre die schmalspurige Bahn vortheilhaft und später mit Aufgabe derselben eine breitspurige zu bauen ist. Spurweite der Bahn, Normalprofil des lichten Raumes, Radstand und Dimensionen der Wagen je nach der Spurweite, Gewicht derselben, Art und Zahl der Bremsvorrichtungen. Hiernach die definitiven Steigungs- und Krümmungs-Verhältnisse feststellen, Ermässigung der Steigung in den Curven, Berechnung der Locomotiven, daraus resultirende Dimensionen der Schienen und des Oberbaues.

Aus der Grösse der Züge folgt die Länge der Bahnhöfe und deren Anordnung, mit Berücksichtigung der Art, Grösse und Richtung des Verkehrs.

Eintheilung der gesammten Bahnlänge in event. Strecken mit verschiedenem Betriebe; zweckmässige Wahl der Steigungen wegen etwa dabei erforderlich werdender Theilung der Züge.

Construction der Kunstbauten, der Brücken und Hochbauten etc. nach Maassgabe des vorkommenden Baumaterials und der Bedeutung der Bahn.

Hierbei sind überall die „Technischen Vereinbarungen über Hauptbahnen und die Grundzüge für secundäre Bahnen“ (vergl. Literatur) zu berücksichtigen. Vergl. auch: Beispiel des Ganges der Erwägungen und der Vorarbeiten für eine secundäre Bahn in gebirgigem Terrain, nach dem Aufsatze: „die schmalspurige Montan-Bahn von Rostoken nach Marksdorf in Ungarn von P. Klunzinger in der Allgemeinen Bauzeitung 1875“.

Sekundäre Bahnen Trc. L. XII. und Vrb. L. XII.

Inhalt des Erläuterungsberichtes zu einer Bahn, woraus zugleich die vorkommenden Erwägungen zu ersehen. (Nach Hellwag, Gotthardbahn. Bei Bahnen in flachem Terrain fällt Verschiedenes aus.)

Entstehung der Idee der Bahn — Allmähliche Ausbildung — Vorbereitungen — Selbstständige Terrainaufnahmen — Technische und commerzielle Vorstudien und Expertisen — Constituirung der Gesellschaft — Technische Leitung — Grundlagen für das Project. Linien des Netzes — Culminationshöhe der Bahn — Minimal-Radius — Maximal-Steigung — Haupttunnel — Doppelspurige Bahnstrecke — Einspurige Bahnstrecke mit 2-gleis. Tunnels — Einspurige Bahnstrecke — Dauer der Bauzeit — Allgemeine Beschaffenheit der Bahnen — Anzahl in Betrieb zu setzender Züge — Feste Puncte, welche wegen bestehender (Anschluss-) Bahnen und noch auszuführender Linien anzunehmen sind — Zusammenhang der Principien für die Wahl und Bearbeitung der Trace und der Herstellung des Kosten-Ueberschlages mit dem zur Anwendung kommenden Betriebs-Systeme — Einfluss der Dispositionen über die Zugkraft und die Fahrgeschwindigkeit auf die Bahn-Anlage — Grundlagen für die Organisation des Betriebes, soweit dadurch die Bahn-Anlage beeinflusst wird — Elemente der Zugförderung: Grösse und Gewicht der Züge und Art der Locomotiven — Verschiedener Betrieb auf den Thalstrecken und Bergstrecken (Rampen) — Ermässigung der Steigung in längeren Tunnels — Uebergangs-Curven und Gerade zwischen Contre-Curven — Länge, Niveau und Anzahl der Bahnstationen — Einschaltung von Reserve-Wasser-Stationen — Haupt- und Rangir-Stationen — Uebrige End- und Anschluss-Stationen — Rangordnung der Zwischenstationen — Umfang und Bauweise der Stations-Gebäude — Stellung der Weichen in den Stationen der doppelgleisigen Bahn, Anordnung der Wärterhäuser — Construction des Oberbau's — Stahlschienen — Eventuelle Eisen- oder Stein-Unterlagen — Haupt-Dimensionen des Unterbaues — Dimensionen der Schotterbettung — Höhenlage der Bahn über dem Wasserspiegel von Flüssen und Seen — Dem Terrain der Bahn eigenthümliche Schwierigkeiten und Hindernisse — Gestaltung und Gefällverhältnisse der Thäler zu beiden Seiten der Wasserscheide — Einfluss der Nähe des Hochgebirges — Seitenthäler zur Entwickelung oder Fehlen derselben — Schilderung der elementaren Gewalten in den (Alpen-) Thälern — Wildbäche, Schuttkegel, Ueberschüttungen — Technische Mittel dagegen: Unterirdische Führung der Bahn, Umgehung oder Uebersetzung derselben, Schwierigkeit von Schutzbauten gegen dieselben — Wildwässer mit erhöhtem Bette — Lawinengänge — Schutz gegen dieselben: Tunnel, Gallerien oder Schutzdächer, Ueberbrückung — Bergstürze, Sturzhalden und Steinfälle — Entfernung der Trace von denselben — Tunnels, Einwölbung oder Eindeckung, halboffene Gallerien oder Tunnels? — Gänzliche Vermeidung solcher Stellen — Unterkunft und Verpflegung der Arbeiter — Sorge für Wohnungen und Lebensmittel — Möglichste Anwendung von Maschinenkraft — Ausnutzung der Wasserkraft.

Ferner kommen noch zur Besprechung bei den einzelnen Strecken: Klimatisch-elementare Zustände - - Witterungs- und Temperatur-Verhältnisse, Geologische Beschaffenheit — Ortschaften und Strassenzüge — Flussgefälle — Thalabhänge — Seitenthäler und Zuflüsse — Cultur und Vegetation — Naturereignisse. — Endlich bei mehreren Linien übersichtliche Vergleichungen der genannten Verhältnisse und der Kosten nach den verschiedenen (vorgeschriebenen) Anschlags-Titeln, wobei die für alle Art der Materialien und Arbeitslöhne angenommenen Sätze zu motiviren sind, und anzugeben, woher die Materialien erfolgen. — Vertheilung des Geldbedürfnisses auf die Bauzeit.

Bemerkung. Als Grundlagen der Projecte von Bahnen in coupirtem Terrain (Gebirgsbahnen) kommen in Frage: Die Culminationshöhe der Bahn (ob Scheiteltunnel oder nicht). Die Minimalradien der Curven (verschieden nach Haupt- oder secundärer Bahn), die Maximalsteigung. Dabei sind die vorhandenen Anschlüsse und die Art ihres Betriebes, und die noch zu erwartenden zu berücksichtigen (namentlich durch Wahl der Plätze für Anschlussstationen). Ferner ist festzustellen, welche Strecken eingleisig gebaut und bleiben sollen, und welche zweigleisig oder dies werden sollen. Dann sind die Art des Betriebes und die Anzahl Züge festzustellen (z. B. Gotthard-Bahn im Sommer wenigstens drei, im Winter wenigstens zwei Züge in jeder Richtung, die ohne Unterbrechung fahren sollen, einer davon soll ein Schnellzug sein). — Auch ist die Bauzeit einzelner Strecken zu erwägen, wobei lange Tunnel (Gotthardtunnel 14,900 M. 9 Jahre Bauzeit projectirt) bei den anliegenden Strecken, deren Betrieb ohne den Tunnel nicht lohnt, in Frage kommen.

Vergl. Baubeschreibungen Trc. L. IV. 1—6 und Vrb. L. IV. 1—13. Trc. Nachtrag ad IV. 7.

A. Vorerwägungen.

1. Allgemeines.

Die Endpunkte der Bahn sind gegeben und die allgemeine Richtung (z. B. in einem bestimmten Thale, und wo etwa eine Wasserscheide zu übersteigen) wird als bereits ermittelt vorausgesetzt.

Zur allgemeinen Orientirung haben Karten im Maassstabe von $^1/_{100000}$, besser $^1/_{50000}$ gedient.

Ob Umwege wegen der zwischenliegenden Orte zu machen, oder wie weit desshalb die mehr directe Richtung zu verlassen oder ob Zweigbahnen nach den Zwischenorten zu bauen, darüber entscheidet die Grösse des durchgehenden Verkehrs und der Verkehr der anliegenden Orte unter sich und mit den Endpunkten. Ferner der allgemeine Charakter der Bahn, ob sie mehr eine durchgehende (internationale, Weltbahn) oder mehr locale (Anschlussbahn, secundäre) ist. *(Vergl. Launhardt, Commercielle Tracirung.) Trc. I. 1.*

Handelt es sich bei der Concurrenz mehrer, weit auseinander gelegenen Linien darum, die vortheilhaftesten Punkte des Terrains (niedrigste Stellen, Pässe in den Wasserscheiden) aufzufinden, so gibt der Zusammenhang zwischen der Configuration des Terrains und dem Laufe der Gewässer brauchbare Anhaltpunkte und man kann schon aus einer Karte ohne Horizontalcurven und Bergzeichnung, nach dem Laufe der Gewässer die höchsten und niedrigsten Stellen der Situation annähernd bezeichnen. ***Tracirен Tafel II. Fig. 9 und Tafel B.***

Die Wasserläufe sind daher beim Tracirен die den Ingenieur leitenden, befreundeten Elemente, welche ihm den Weg zeigen, die Schwierigkeiten, die das Uebersteigen der Höhen und Wasserscheiden hervorruft, zu besiegen; die Hauptthäler sind häufig die geeignetsten Stellen für die Bahn, während die Seitenthäler benutzt werden können, um an ihren Hängen unter Entwickelung der Linie die Wasserscheiden zu übersteigen.

Kommen für dieselbe Richtung Concurrenz-Linien in Frage, z. B. bei Benutzung des einen oder anderen Flussufers, bei Wahl zwischen verschiedenen Sätteln in der Wasserscheide resp. verschiedenen an derselben zusammenstossenden Thälern, oder auch handelt es sich nur um eine Verschiebung der Linien nach rechts oder links, so kann der Vorzug einer Linie vor der anderen im Allgemeinen auf folgenden Rücksichten beruhen:

1. Wegen günstiger Steigungs- und Curven-Verhältnisse und geringerer Erdarbeiten;
2. **Wegen wohlfeilerer Erwerbung des Grund und Bodens. Bisweilen und zwar namentlich im Flachlande wird es möglich sein, die Bahn so zu legen, dass die Böschungskanten mit auf grösseren Strecken annähernd geradlinig laufenden**

Grenzen von Gütercomplexen, Feldmarken und Kreisen zusammenfallen, weil dadurch Trennstücke, Entschädigungen für erschwerte Bewirthschaftung und weitläufige Verhandlungen mit verschiedenen Interessenten und Behörden vermieden werden.

3. Wegen der für die Bahnverwaltung weniger kostspieligen, oder für die benachbarten Ortschaften, Anwohner und Anlieger mehr bequemen Wege-Ueberführungen, welche Rücksicht der sub 1. und 2. meistens untergeordnet ist.
4. Wegen etwa vorkommender Entwässerungen, geringerer Anzahl Brücken, resp. geringerer Gesammt-Brückenweite, wegen besseren Untergrundes für Kunstbauten. (Brücken etc.)
5. Wegen bequemerer und mehr zwanglosen Anlage der Bahnhöfe, wozu sich auf der einen Linie die Horizontalen leichter herstellen lassen und das Terrain, mit der erforderlichen Zukömmlichkeit von den anliegenden Orten, sich leichter findet.
6. Wegen grösseren Verkehrs oder leichteren Entwickelung desselben zum Vortheil des Betriebes, dadurch, dass man sich Ortschaften annähert oder einzelne Hauptverkehrs-Adern (Wege event. andere Bahnen) schneidet.

Diese Bedingungen stehen manchmal im Widerspruch, so dass der eine Vortheil nur auf Kosten des anderen erreicht werden kann. Es müssen daher sorgfältige Erkundigungen, unter Zuziehung der Ortsobrigkeit oder doch ortskundiger Personen, stattfinden. *Trc. Tafel B; Tafel 5; Tafel 14, 1; Tafel 15, 2.*

2. Aptirung der Horizontal-Curven-Pläne.

Für die Bearbeitung der Linie in coupirtem Terrain dienen gedruckte Pläne mit Horizontal-Curven. Man verdeutlicht sich das Terrain, indem man nach Maassgabe der durch die Horizontalen gegebenen Neigung entweder in ähnlicher Weise wie bei der Lehmann'schen Manier mit der Feder, mit dem Wischer schattirt, oder aber (abweichend von Lehmann) die Annahme macht, das Licht falle diagonal unter einem passenden Winkel von der oberen Ecke (links) nach der unteren Ecke (rechts) ein. Die Wasserscheiden (z. B. in den Seitenthälern, also die von den das Hauptthal begränzenden Höhen in letzteres auslaufenden Gebirgsäste) kann man ausserdem durch einen leichten Strich mit Farbe markiren. Das Wischblei — (von käuflich zu habenden prismatischen Stücken) — wird durch vorsichtiges Ueberstreichen der Zeichnung mit einer sehr dünnen Auflösung von Schellack in Spiritus (Fixativ, event. durch Knochenkohle nach der Auflösung gebleicht) fixirt (durch weichen Schwamm oder mit weichem grossen Pinsel), damit beim Projectiren von Linien event. Gebrauch von Wischgummi die Schattirung nicht verschwinde. Die Flussläufe und Gewässer legt man blau an.

Statt des Bleies kann man auch irgend eine passende pulverisirte Farbe, wie solche die Anstreicher verwenden, z. B. Oker, gebrannten Oker, gebrannte Terra Sienna, Umbra etc. gebrauchen und statt des Wischers den Zeigefinger mit übergestülptem abgeschnittenen Finger eines Glaçehandschuhes. Das stärkere Ausziehen von in grösseren Abständen gelegenen Curven (z. B. alle 10 Meter) erleichtert die Uebersicht. Vergl. für Ausführliches: Vorarbeiten zu Eisenbahnen mit 5 Tafeln, Aachen 1876. J. A. Mayer. — *Darstellung von Karten, Vrb, L. VIII. 16—19.*

3. Erwägungen beim Traciren und erstes Studium der Karten.

a) wegen der Beschaffenheit der Terrain-Oberfläche.

Das Element der Tracirung ist in flachem Terrain die gerade Linie, welche man sich zwischen einzelnen Punkten, die mehr oder weniger in der allgemeinen Richtung der Trace liegen, gezogen denkt, oder vorläufig wirklich zieht. Diese Punkte zwischen den gegebenen Endpunkten legen sich fest durch geforderte Berührung von Orten (Städten, Dörfern etc.), bei Localbahnen und secundären Bahnen auch Berührung einzelner Etablissements etc. Durch Verbindung der Geraden entstehen an den Schnittpunkten die Winkelpunkte, von denen der Scheitel der Curve, je nach der Grösse des Halbmessers, um ein aus Tabellen leicht zu übersehendes Maass absteht, so dass man sich die Curven, auch ohne sie gezogen zu haben, vorhanden denkt und erwägt, wie sich die Lage und Höhe des Curvenscheitels zu der Lage und Höhe des Winkelpunktes stellt. In sehr coupirtem Terrain kann man zuweilen auf dem Plane der Horizontalschnitte gleich mit Curven (mit Hülfe einer Schnur, vergl. weiter unten) anfangen zu traciren.

Modificationen der Trace und erforderliche Abweichungen von den anfänglich beabsichtigten Geraden pflegen sich auf den ersten Blick zu zeigen, indem sich Erschwernisse oder Hindernisse finden, die man zu umgehen versucht, ohne zu sehr aus der Hauptrichtung zu kommen (z. B. schwierige Flussübergänge, schiefer Uebergang, veränderliches Flussbett, ungeeigneter Untergrund für die Dammschüttungen oder auch für die Fundirungen von Kunstbauten, Moor, Sumpf, der Inundation ausgesetztes Terrain, kostbarer Grunderwerb, erforderliche Demolirung von Gebäuden, Etablissements, Berührung von Kirchhöfen, die man ungern zulässt etc. etc.).

Andererseits kann der Wunsch, sich Zwischen-Punkten mehr zu nähern, eine Abweichung von der Richtung bedingen, z. B. namentlich bei Local- und secundären Bahnen die Annäherung an Gewinnungsplätze von Materialien und Rohproducten, möglichst nahe Berührung von Etablissements, von Orten, welche Mittel zum Bau hergeben und desshalb berücksichtigt werden müssen etc.

Fixpunkte für die Höhenlage der Bahn geben die zu überschreitenden Eisenbahnen und Wege und die Gewässer. Eisenbahnen dürfen nicht im Niveau sich kreuzen (oder es müsste die Kreuzung auf einem gemeinschaftlichen Bahnhofe geschehen), sondern die zu projectirende ist über die bestehende oder unter dieselbe zu legen, wobei die vorgeschriebene Höhe des Profils für den freien Raum der Bahn in Frage kommt.

Hauptwege (Chausseen) darf man bei Hauptbahnen nicht im Niveau überschreiten, sondern geht mit Hülfe von Brücken darüber oder darunter fort. Untergeordnetere Wege darf man im Niveau überführen (mittelst Rampen), wenn nicht etwa durch eine Brücke unter oder über der Bahn Ersparniss erreicht wird, (weil ein etwa sonst erforderlicher Bahnwärter zur Bedienung einer Barrière fehlen kann). Doch wird neuerdings in Preussen

in frequenten Gegenden auch bei untergeordneten Wegen ein Ueberführen im Niveau zuweilen nicht gestattet.

Bei Gewässern muss die Unterkante der hölzernen oder eisernen Brücke um ein Bestimmtes (durch Verhandlungen festzusetzendes Maass) über das bekannte oder (durch Meliorationen in der Folge vielleicht noch höher zu erwartende) Hochwasser liegen. Ein Minimum bei kleineren Gewässern (mit geringem Eisgange) ist $0^m,6 - 0^m,75$. Bei massiven Brücken pflegt man die Kämpferlinie auf Hochwasser oder ein wenig darüber zu legen. Hiernach ist, je nachdem man das Material der Brücke wählt und je nach der angenommenen Construction (Holz, Eisen, Stein) die Höhe der Schienenunterkante, also auch des um die Stärke der Bettung tiefer liegenden, beim Projectiren in Frage kommenden Planums an dieser Stelle festgelegt. *(Ueber die Minimalhöhen der eisernen Brücken vergl. die Ueberdrucktafeln: Nro. 33. 1, 2, 3 „Eiserne Brücken".)*

b) wegen Beschaffenheit der Bodenarten zur Herstellung von Einschnitten, Tunneln, Dämmen etc.

Die Kenntniss der geologischen Beschaffenheit des Terrains ist von grösster Wichtigkeit. Die früheren Alpenstrassen sind durch die Alpenbahnen in den Schatten gestellt. Die Semmering-Bahn, Karst-Bahn, Brenner-Bahn, Mont-Cenis-Bahn, Gotthard-Bahn, Pacific-Bahn, der Canal durch die Landenge von Panama, die Durchtunnelung des Pas de Calais sind grosse Projecte, welche wegen der erheblichen Massenbewegungen einen mehr geologischen Charakter haben, wobei die geologische Frage in den Vordergrund tritt.

Bei solchen Tracirungen ist es von hoher Wichtigkeit, dass der Ingenieur geologische Kenntnisse besitze, um event. in Verbindung mit einem der Gegend kundigen Geologen urtheilen zu können über das Material: die petrographischen Verhältnisse, und über die Lagerungs-Verhältnisse: die stratigraphischen und geotektonischen Verhältnisse. Die amerikanische Regierung hat 6 Jahre lang Vorarbeiten in dieser Richtung für die Pacific-Bahn machen lassen.

Für das Petrographische kommen beispielsweise in Frage: Die Festigkeit, Structur und die Schichtung des Gesteins, die Schwierigkeit der Gewinnung, die Dauerhaftigkeit desselben in Tunnels, Einschnitten und zu Bauwerken (*vergl. Rziha, Tunnelbaukunst II. p. 531—532*) z. B. können sich Dämme aus Thonschiefer in Schlamm verwandeln (Eger-Karlsbad, Damm aus thonigen Cypris-Schiefern), ebenso plastischer Thon. Der oft an der Oberfläche weiche Thonmergel ist im Innern sehr fest, daher kostbar zu gewinnen. An der Schwarzwaldbahn fand sich mitten im thonigen bunten Sandsteine eine sehr feste Quarzit-Linse von etwa 100 Meter Durchmesser. — Schwefelsaure Kalke, Anhydrit (wasserfreier Gyps) blähen sich durch Berührung mit Wasser und Luft auf und schieben (wie Wasser beim Gefrieren); dichter wasserfreier schwefelsaurer Kalk verwandelte sich durch Eindringen von Wasser in krystallinischen Gyps (Tunnel zwichen Heilbronn und Weinsberg), wobei eine Vermehrung des Volumens im Verhältnisse von 1,278 zu 1 statt findet, während die Volum-Vermehrung des Eises gegen Wasser nur 1,075 : 1 beträgt und der Druck des Eises, welches sich bei —1° Celsius bildet, schon einem Drucke von 134 Atmosphären entsprechen soll.

Für das Stratigraphische beispielsweise: dass man die Tracen nicht in unfertige Thalwege reissender Wildwässer legt, welche, unten weiter ausgespült, abbröckeln

und sich verändern; besser sind fertige und breit ausgelegte Tertiär- und Diluvial-Terrassen, welche auch Ortschaften und Gehöfte tragen, z. B. bei der Brenner-Bahn, statt der Linie durch das Sillthal die über Ambras, welche allerdings länger aber sicherer in der Herstellung gewesen sein würde. Ferner dass man nicht in sich bewegende Hänge gerathe, in zu Erdrutschungen geneigte Thonschiefer etc., Mergelschiefer z. B. oligocaene Amphisylen-Schiefer, welche Schwefelkies und Kalk enthalten, wo sich durch Zersetzung dieser Schwefelkiese und Einwirkung auf den Kalk feine Krystallnadeln von Gips bilden, die Volumvergrösserung durch Blähung verursachen, wie dies z. B. beim Lupkow-Tunnel der ungarisch-galizischen Eisenbahn, am 30. Mai 1874 eröffnet, der Fall war, welcher wegen der vielen Reconstructionen per laufenden Meter 7—8000 Gulden österr. kostete. Ferner sind oft bedenklich Lagen an mit den Schichten einfallenden, wasserführenden Hängen; an durch aufliegendes Terrain, unter welchem wasserführende Schichten, belasteten Hängen, und in rutschenden Schutthalden etc. *Vergl. Hochstetter, Geologie und Eisenbahnbau. Trc. L. VIII. 21.*

4. Ursachen, welche die erste Trace und das Profil modificiren.

Weiter machen sich schon beim ersten Eintragen der Goradon Rücksichten in Bezug auf das Profil geltend, indem man sofort findet, dass man hohe Dämme und tiefe Einschnitte, Tunnel etc. erhält, die man durch entsprechende Krümmung der Linie verringern, manchmal fast vermeiden kann. Eben so vermeidet man unsichere Hänge, welche noch im Bewegungszustande sind und bei Herstellung eines Anschnittes um so mehr rutschen würden; auch ruhige Hänge, welche, weil von Geröllo oder unsicherer Beschaffenheit etc., durch Angreifen der Böschung in's Rutschen kommen würden etc., steile Hänge, welche sehr lange, kostbar zu unterhaltende Damm- oder Einschnittsböschungen ergeben würden, Einschnitte in schwierigem, z. B. fliessendem Boden, in aufgelagertem Geröllo [1]), welches in Bewegung kommen würde, in Boden mit stark Wasser führenden Schichten etc., und ebenfalls sucht man Futtermauern zu vermeiden, um so mehr, je weniger Material zu deren Herstellung man zu finden oder in der Näho (am besten meistens aus den Einschnitten) zu gewinnen vermuthet.

Ist man z. B. bei Verfolgung von Thälern gezwungen, auf lange Strecken die Bahn an unsicheren Hängen zu führen, so zieht man neuerdings vor, (Schwarzwaldbahn, Project der Arlbergbahn), statt Anschnitte zu machen, die Bahn in einem Tunnel (also etwa parallel dem Hange) fortzuführen, wobei der Tunnel tief genug in den festen Boden des Hanges zu legen ist, um nicht bei etwaigem Rutschen des Hanges verschoben zu werden (z. B. Mühlthal-Tunnel der Brennerbahn, halb auf losem, halb auf festem Boden). *Trc. IV. 34.*

In nassen, steilen, zu Abrutschungen geneigten Lehnen wird man auch die Herstellung tiefer Einschnitte sowohl, als auch die Belastung des Terrains durch schwere Damm- oder Stützmauer-Massen vermeiden. Man wendet dann Viaducte an, für deren einzelne Pfeiler sich leichter fester Untergrund finden lässt, [2]) als für durchgehende

[1]) *Erd. 23; 25.; Trc. IV. 33.*

[2]) *Disp. 19, 1—3. (Beispiel: Die Linie Brives-Limoges der franz. Orleans-Bahn, der Viaduct von Rouchat beschrieben von Kreuter, Zeitschrift des österr. Arch.- und Ing.-Vereins, 1877.*

Stützmauer-Anlagen. Auch behalten die Wässer besseren Abfluss, während sie unter schweren Dammmassen durchsickernd die Unterlage erweichen und Rutschungen hervorbringen können. (Moselbahn, statt Damm vor dem Tunnel bei Alf überwölbte Pfeiler.)

Wegen Vermeidung grosser (zum Rutschen geneigter) Einschnitte, die zum Material des Dammes sonst erforderlich würden und Vermeidung von Stützmauern für den Damm, hat man durch Anlage des Viaductes manchmal Kosten-Ersparniss im Bau und wohl immer in der Unterhaltung.

Aehnlich zieht man oft in nassen, jäh abfallenden Seitenthälern einen Viaduct einem Damme vor. *Erd. 17. 6 und 7.*

5. Kunstbauten und deren Einfluss auf die Erdarbeiten.

Der Umstand, dass man wenig brauchbares Material zu Kunstbauten (grossen Brücken, Viaducten etc.) findet, kann auf die Tracirung Einfluss haben, indem man durch Mehr an Erdarbeiten (hohe Dämme statt Viaducte, tiefe Einschnitte statt Tunnel) die Kunstbauten zu vermindern sucht.

Gegensätze sind hier z. B. die Brenner-Bahn [1]), mit verhältnissmässig wenig Kunstbauten, aber Erdarbeiten im grössten Maassstabe, und die Semmering-Bahn [2]) mit zahlreichen Viaducten, Gallerien und Tunneln. Endlich kann in wenig civilisirten Ländern, die durch Eisenbahnen erst aufgeschlossen werden sollen, der Mangel an Bauhandwerkern, während Tagelöhner (Erdarbeiter) billig sind, mit von Einfluss sein. Dabei kann man z. B. desshalb auf eiserne Brücken statt massiver hingewiesen sein, weil man erstere fertig hergestellt (auch über See) verschicken und so construiren kann, dass der Oberbau wie die Pfeiler durch Tagelöhner (auch zu jeder Jahreszeit) aufgestellt werden können. (*Vergl. Wegebau II. Aufl. XI. pag. 509, Vergleich zwischen schmiedeeisernen und massiven Brücken.*) In Deutschland sind hölzerne Brücken für Hauptbahnen nicht zulässig, wohl aber für secundäre Bahnen (imprägnirtes Holz).

Die Anwendung einer eisernen statt massiven Brücke kann einen weitreichenden Einfluss auf die Erdarbeiten in der Nähe des Flussüberganges haben, [2]) weil man die geringste Höhe über Wasser damit erreichen kann. Zuweilen giebt, wenn ein Hauptweg vor dem Flussübergange liegt, die Anwendung von Eisenconstructionen die Möglichkeit, den Weg über die Bahn zu führen u. s. w. Die Folgen der höheren oder niedrigeren Lage der Bahnkrone sind in solchen Fällen umsichtig und sorgfältig nach allen Beziehungen zu überlegen (vergl. auch: *Ueber die Ermittelung des Eigengewichtes und die am meisten ökonomische Weite bei schmiedeeisernen Brücken von v. Kaven, Zeitschr. des hann. Arch.- u. Ing.-Vereins XV. und Ueb. 33. 1, 2, 3,* wo gezeigt ist, wie die Höhenlage der Fahrbahn, zu der durch Hochwasser gegebenen Unterkante der Träger, das Schema für die Anordnung resp. Entfernung der Hauptträger feststellt.

---

[1]) *Brenner-Bahn, beschrieben von Lazarini, Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens V. 1868, pag. 219—223; auch Organ VI. 1869, pag. 145—148, Müller, Trc. 13; — 2) Semmering-Bahn Trc. II.*

[2]) *Ueb, 33. 1, 2, 3.*

6. Lage der Bahnhöfe und deren Einfluss auf Profil und Trace.

Die Lage der Bahnhöfe hat auf die Trace und das Profil Einfluss, und dürfen diese, weil von grösserer Breite, nicht in starkem Auf- und Abtrage liegen (wegen Erdarbeitskosten und überdies im ersten Falle erheblicher Kosten der Fundirung), nicht zu nahe dem Orte, damit sich dieser nach dem Bahnhofe hin ausdehnen könne; nicht zu entfernt, um bequeme Communication zu haben; nicht theurer Grunderwerb. Gute Zufuhrwege zum Bahnhof mit nicht zu starkem Gefälle sind erforderlich. Zu vermeiden ist Einklemmen zwischen zwei frequenten Wegen oder zwei Wasserläufen, oder zwischen hohen Dämmen oder tiefen Einschnitten, am meisten zu verwerfen sind Einschnitte in Curven vor Bahnhöfen, oder Tunnel dicht vor letzteren, wegen Erschwerniss etwaiger Erweiterung des Bahnhofes und wegen geringerer Sicherheit des Betriebes in Bezug auf ankommende und abgehende Züge, welche maskirt werden. *Trc. A. 57—61.*

Die Länge der Horizontalen und Geraden auf Bahnhöfen ist in den „Vereinbarungen“ vorgeschrieben.

Kopfstationen sind bei Bahnhöfen von Anschlussbahnen für den Nebenverkehr anzuordnen, so dass also der Hauptverkehr die Richtung nicht zu verändern braucht. (Bei Stationen in grossen Städten kommen weitergehende Rücksichten vor.) *Trc. A. 56.*

7. Einige beim Projectiren zu beobachtende Regeln.

a) Gradienten.

1. Die als Decimalbruch ausgedrückten Gefälle und Steigungen der Gradienten rundet man, der bequemeren Berechnung der Zwischenpunkte halber, wenigstens auf volle Tausendtheile ab, indem man die Höhenlage der Brechpunkte beim Projectiren danach einrichtet, was durch geringe Drehung der Gradiente in der Verticalebene oder geringes Heben und Senken derselben leicht zu erreichen ist. *(Trc. I. 7.)*

2. Zweckmässig fällt die Gradiente, wenn thunlich, von beiden Seiten des Bahnhofes (um abgehende Züge besser in Gang zu bringen, ankommende leichter zu bremsen). Bei Bahnen in coupirtem Terrain ist dies indessen selten zu erreichen. Dicht vor den Bahnhöfen sucht man eine Ausgleichungsstrecke von der Länge eines Zuges bei starken Gefällunterschieden (z. B. $\frac{1}{100}$ Differenz) einzulegen und rundet diese gehörig (mit 6000—10000 Meter Radius bei Hauptbahnen) aus. *Vergleiche Normen für die Aufstellung von Bahnhofsprojecten vom 27. Juli 1873 in Heusinger's Eisenbahn-Kalender. Auch Koch, Organ XII. 1875; Derselbe in Heusing. Ingen.-Wissensch. I. 1877 pag. 266 etc.*

3. Der Anfänger ist geneigt, um an Erdarbeiten zu sparen, die Gradienten häufig wechseln zu lassen und viele Gefällbrüche einzulegen, welche für den Betrieb lästig sind. An den Stellen, wo die Züge Wasser nehmen müssen (und selbstredend an allen Stationen), sind immer genügend lange Horizontalen einzulegen. Aehnlich verhält es sich mit Curven, deren eine Zahl bei weiterer Bearbeitung des Projectes auszufallen pflegt, indem man einige durch vermittelnde gerade Strecken ersetzt oder auch mehrere, in gleichem Sinne auf einander folgende, zu einer einzigen (kreis- oder korbbogen- oder evolventenförmigen) vereinigt.

Nach den Bayrischen Vorschriften soll bei Bahnen von einiger Bedeutung keine Aenderung der Gradiente auf Strecken, die kürzer sind als 300 Meter, vorkommen. Dies gilt nicht von Secundärbahnen, wo man dem Terrain sich möglichst anschliessen will. *Trc. L. II. 7. Röckel.*

b) Anzahl Gleise.

4. Projectirt man die Bahn erst eingleisig, in der Aussicht, sie später zweigleisig zu machen, so hat dies auf die Lage der Bahnachse, Futtermauern etc. Einfluss, die man selbstredend von vorne herein für zweigleisiges Profil einrichten muss. *(Für Weiteres vergl. Nördlinger, Mémoire sur les conditions de la transformation des chemins de fer à une voie en chemins à deux voies. Annal. des ponts et chauss. 1862. V., übersetzt in Zeitschrift des österr. Arch.- und Ing.-Ver. 1864. pag. 205, vergl. auch Organ III. 1866. pag. 183—186. — Heus. Spec. I. 1877. Sonne pag. 19.*

Das Terrain für in Aussicht genommene zwei Gleise gleich zu kaufen ist erwünscht:

a. wenn man durch bebautes Eigenthum geht und den zur Seite gelegenen Wegen neue Alignements gibt;
b. wenn dieser Durchgang selbst grosse Entschädigungskosten bedingt, so dass die Grösse der Oberfläche weniger in Frage kommt;
c. wenn man an beiden Seiten der Bahn erhebliche Werke ausführen muss, z. B. Flussverlegungen etc.
d. Tunnel, Bahnüberbrückungen und Bauten, deren Erweiterungen den Betrieb sehr stören kann, auch Wegerampen, macht man meistens gleich für zwei Gleise. Kleinere Brücken legt man im Fundament und an der einen Seite mit den Flügeln so an, dass man ohne Mauerwerk abzubrechen, beim Erbreitern fortbauen kann. Bei grossen und hohen Brücken macht man das Mauerwerk meistens für zwei Gleise fertig um später einen zweiten Oberbau aufbringen zu können. Wenn man will, kann man auch grössere gewölbte Brücken im Gewölbe in zwei Hälften behandeln und die zweite Hälfte später wölben.

Notiz. Die Nothwendigkeit, das zweite Gleis auszubauen, hängt von der Anzahl Züge ab, und dabei von der Art des Verkehrs. Bei sehr starkem Verkehr zuweilen drittes Gleis.

c) Erdarbeiten.

5. Ob ein Compensiren der Auf- und Abträge zu erstreben ist, darüber sind Ueberlegungen anzustellen, da dies nicht unter allen Umständen zweckmässig ist. Vergleiche die Note wegen Compensation (pag. 22), auch *Trc. IV. 32.*

6. Im Allgemeinen ist eine Höhenlage der Bahnkrone (Schienen-Unterkante) in Terrainhöhe zu vermeiden (wegen Verwehens durch Schnee) und ist diese über das Terrain zu legen, wodurch auch der Damm trockener bleibt. Eben so sind kurze und tiefere Einschnitte längeren, weniger tiefen (die leicht Schneeverwehungen ausgesetzt sind) vorzuziehen, wenn sich dies oekonomisch erreichen lässt. *Schneeschutz, Trc. L. XVI. — Dsp. 11, 1-7. — Vrb. L. XVI. — Erd. L. XXX. 1—19.*

7. Bei Gebirgsbahnen schränkt man die Breite des Planums möglichst ein.

Die Gotthardbahn hat für die Breite des Unterbauplanums (Kronenbreite unter der Schotter oder Kiesbettung) bei einspuriger Bahn im Damm 5,2 Meter, im Einschnitte incl. Bahngrabensohle von $0^{m},35$ Breite, 6,8 Meter; letztere Breite wächst bei hohen und steilen Einschnittsböschungen durch Anordnung grösserer Bahngrabenbreiten bis zu 9,0 Meter. Bei doppelspuriger Bahn, unter Annahme eines Gleisabstandes von Mitte zu Mitte von $3^{m},5$: im Damm $8^{m},7$, im Einschnitt $10^{m},3$ bis $12^{m},5$. Damm- und Einschnittsböschungen werden im erdigen Terrain eine Neigung von $1^{1}/_{2}$: 1 erhalten. Böschungen in Felseinschnitten nach Beschaffenheit des Gebirges, bei festem Gestein vertikal. Die obere Breite der Kiesbettung soll dort bei einspuriger Bahn $3^{m},0$, bei doppelspuriger $7^{m},1$ betragen. Die Höhe der Bettung beträgt dort auf Dämmen $0^{m},35$, in Einschnitten erdigen Materials $0^{m},40$, in solchen felsigen Materials $0^{m},50$.

Ueber Dimensionen der Dämme und Einschnitte vergleiche „*37 Tafeln Erdarbeiten.*“ *Blatt 34—37.*

d) Wegüberführungen und Unterführungen.

8. Wegübergänge frequenter Strassen im Niveau sind bei Hauptbahnen verboten; überhaupt darf man keine Niveauübergänge an den Enden von Einschnitten in Curven und vor Tunnels machen wegen Unübersichtlichkeit, und nicht vor Bahnhöfen, weil das Rangiren die Passage stört. Aus dem Grunde der Unübersichtlichkeit der Bahn für den Fuhrmann sind tiefe Einschnittsrampen bei Wegeüberführungen mehr zu vermeiden als hohe Auftragsrampen. *Trc. V. 43—45, A. 57, 58.*

9. Eine Combinirung von Unter-Durchführungen von Wegen oder Eisenbahnen mit Wasserläufen durch Umlegung letzterer (um einen Durchlass zu sparen) gewährt zuweilen, wegen der durch Veränderung des Wasserlaufs entstehenden Reclamationen und daraus entstehenden Entschädigungs-Forderungen, keine Vortheile. *Trc. IV. 41. Ueb. 24. Taf. M. und N.*

Ausführliches Beispiel: Viaduct bei Lecker. Zeitschr. des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins XVIII. 1872 pag. 380—387.

e) Entwickelung der Linie.

10. Bei steil ansteigenden Thälern entwickelt man die Linie durch Einkehren in Seitenthäler, durch Rückkehren, Schleifen unter Anwendung von Kehrtunneln etc. (Schwarzwaldbahn). *Vergl. Traciren Tafel 4.*

11. Wo die Seitenthäler fehlen, muss man die Entwickelung im Hauptthale suchen. Dies kann an sich zwar lang genug für die festgesetzte

Steigung sein, hat es aber Thalstufen, so kann die Linie durch Aufrücken am Hange so sehr dem Verkehre mit dem Thale resp. den Ortschaften desselben entrückt werden, dass es sich empfiehlt, die Bahnlinie möglichst mit der Gefälllinie des Thales ansteigen zu lassen und im Bereiche der Thalstufen oder grösserer Steigungen die Bahnlänge durch Entwickelungen in den seitlichen Hängen d. h. durch spiralförmige Tunnel zu vermehren. *Vrb. L. XI. 7. Gotthardbahn von Hellwag.*

f. Einfluss der Kosten des Grunderwerbes.

12. Theurer Grunderwerb kann eine erhebliche Verlegung der Bahn und der Bahnhöfe veranlassen; namentlich Durchschneidung ganzer Complexe (von Gütern, Forsten etc.), welche deren einheitliche Benutzung erheblich erschweren, und vor Allem sind Kirchhöfe zu vermeiden.

g) Höhenlage des Planums.

13. Das Planum ist zu besserer Trockenhaltung am besten etwas über das Terrain zu legen, auch weil Terraingleichen und niedrige Einschnitte (wenn sie nicht, was oft viel Erdarbeit erfordert, sehr flache Böschungen z. B. $^1/_{10}$ erhalten) leicht bei Schneewehen verweht werden. *Trc. IV. 39. — Erd. 30, 11—14; 20, 10—12. Profile bei Ueberlauf des Wassers; 36, Oldenburgische Bahnen.*

14. Im Inundationsgebiete bleibt man mit Schienenunterkante wenigstens $0^m,75$ bis 1 Meter über Hochwasser (namentlich dem Hochwasserstande des Herbstes, worauf Frost folgt). Ist der Damm starkem Wellenschlage ausgesetzt, geht man höher und macht flache Böschungen mit bepflanzten Bermen auf Hochwasser; oder man befestigt steilere Böschungen hinreichend (Pflasterung, Steinsatz). Eben so befestigt man starken Strömungen angesetzte, unmittelbar an einem Wasserlaufe (bei Coupirung oder Regulirung derselben) vorkommende Böschungen etc. Mehrfache Bachübergänge sucht man durch Correction zu vermeiden. *Siehe Literatur zur vorigen Regel. Trc. IV. 24—27, auch Dsp. Tafel I. Ueber Befestigungen der Böschungen siehe überhaupt Stz. und Erd.*

Bei der Gotthardbahn ist die Höhe der Bahnkrone (Schienen-Unterkante) zu $1^m,5$ über das Niveau des bekannten höchsten Wasserstandes benachbarter Seen und Flüsse gelegt.

Andere gehen bis zu 2 an den Stellen, wo stärkerer Wellenschlag vorkommen kann.

15. Werden die Hochwasserprofile durch den Bahndamm erheblich eingeschränkt, so muss man eine etwaige Hebung des Wasserspiegels berücksichtigen; namentlich wenn der Damm einen Fluss schräg schneidet, entstehen in dem spitzen Winkel Ausspiegelungen, wenn dort nicht etwa eine Fluthbrücke angebracht wird. *Trc. IV. 28.*

16. Die Führung der Bahn am äussersten Seerande, welche (z. B. Grünbach bei Fluelen) am meisten Gewähr gegen die drohenden Angriffe (durch Schuttmassen) eines Wildbachs bietet (da derselbe dort schon an Gewalt verloren hat), birgt dagegen die Gefahr der Abrutschung in den See, wie solche an Seeufern schon mehrfach vorgekommen ist, wenn die Schuttmassen unter dem Wasserspiegel steiler gelagert sind als oberhalb desselben, und daher bei starker Belastung leicht abgleiten können.

Erd. L. XXVII. 43. Horgen am Züricher See.

b) Graben-Anlagen.

17. Die Scheitelpunkte der Gräben legt man thunlichst an die Wegeübergänge, um Rampen-Canäle zu ersparen. Bei einigermaassen coupirtem Terrain ist dies allerdings selten zu erreichen. *Trac. V. 42.*

i) Wasserverhältnisse und Brücken.

18. Ueber die Bahn führt man Gewässer mittelst Aquaducten, Canalbrücken. Auch kleinere mittelst Eisenconstructionen (z. B. hohle Gurtungen). Zuweilen führt eine Wegebrücke mit concavem Pflaster zugleich Gebirgswasser über. Liegt der Wasserspiegel ausnahmsweise hoch gegen die Bahn, so wendet man Düker an, wenn für Ueberführung keine Höhe vorhanden. Kleine Wassermengen hat man auch mit, an den Einschnittsböschungen herab und in genügender Tiefe unter der Bahnkrone liegenden, eisernen Röhren übergeführt.

Düker des Rodemühlenbaches, Notizbl. des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins. III. 1853—54. pag. 239. — Durchführung höher liegender Wasserläufe mittelst Absturz, Dsp. Taf. 12; — mittelst Fallkessel Dsp. Taf. 8. 4.

19. Man kann zuweilen, indem man Sinken oder Mulden im Terrain durch tiefe Gräben bis zum nächsten Durchlasse entwässert, an deren Stelle einen Durchlass sparen, doch muss man die Wasserverhältnisse nicht zu sehr ändern und in wasserreichem Terrain die Durchführungen des Grabenwassers nicht zu weit von einander legen.

20. Wegebrücken unter der Bahn combinirt man oft, der Billigkeit halber, mit Wasserläufen. (Vergl. v. Kaven, Wege brückenetc.) Doch darf man dadurch die Abflussverhältnisse nicht wesentlich verändern, um Klagen der Interessenten zu vermeiden. *Trc. IV. 41, auch Vrb. Text p. 18. Nr. 28.*

21. Lange Brücken und Durchlässe unter hohen Dämmen sucht man zu vermeiden, indem man den Wasserlauf an der Bergseite bis dahin, wo der Damm niedriger ist, umleitet, dann durchführt und steil abstürzen lässt. Oder man macht unter ähnlicher Umleitung Bachtunnel. Dasselbe gilt von Wege-Ueberführungen und Unterführungen, indem man Stellen der Einschnitte resp. Dämme aufsucht, wo noch genügende Höhe vorhanden. *Trc. V. 46—48; 44—45.*

22. Man muss die Wasserverhältnisse durch Anlage der Brücken möglichst wenig verändern. Kleinere Wasserläufe und Bäche kann man dagegen oft begradigen und Brücken sparen, oder verlegen, um sie rechtwinkelig überschreiten und im Trockenen bauen zu können. Man muss nicht mit der Weite der Brücken geizen, da, so lange es sich nicht um einen Pfeiler mehr handelt, die Kosten nicht erheblich wachsen. Namentlich nicht bei eisernen, noch weniger bei hölzernen Brücken. Die Weiten lässt man, um Normalien gebrauchen zu können, auch um die Erbauung zu erleichtern und sonst die Kosten herabzuziehen (mehrfacher Gebrauch von Lehrgerüsten), bei Brücken über zwei Meter in ganzen Metern oder Vielfachen von Metern zunehmen, zumal man Brückenweiten doch nur annähernd bestimmen kann. *(Wegebau 2. Aufl. Anhang IX. pag. 420 und X. 455.) Disp. I. — Trc. IV. 24. 27.*

Auch muss man bei Feststellung der Unterkante der Construction, bei massiven Brücken der Kämpferfuge, berücksichtigen, ob das Hochwasser wegen Meliorationen, Anlagen von Abflussgräben, Urbarmachen von Wäldern etc. später nicht höher steigen kann, als der bis dahin bekannte höchste Wasserstand. *Einfluss von Culturen und Veränderungen des Waldes. Vrb. L. XVII. 10—15, 18.*

Ueberschreitungen grösserer Flussthäler macht man möglichst rechtwinkelig gegen den Stromstrich (bei Hochwasser), weil dies für den Bau und die Unterhaltung am billigsten.

23. Zeigt der Fluthschlauch in breiteren Thälern z. B. zwei deutlich ausgeprägte Fluthrinnen, deren eine höher als die andere zu liegen pflegt, so muss für die tiefere eine Hauptbrücke, für die andere eine Nebenbrücke (Fluthbrücke) meistens angelegt werden. Ein tiefer Graben von der höher gelegenen Rinne in die tiefere (parallel mit dem Damme) genügt meistens nicht, da die Abflussverhältnisse zu sehr geändert werden. *Trc. IV. 28. 29. 30.*

24. Kommt bei parallel mit dem Flusse liegender Bahn eine Einschränkung des Flussbettes vor, so ist letzteres an der andern Seite entsprechend zu erbreitern. Kommen mehrere nahe liegende Flussübergänge vor, so muss der Kostenpunkt entscheiden, ob man bei Correction des Flusslaufes mit einem Uebergange ausreichen kann. *(Vergl. über Bestimmung von Brückenweiten, Tafel I. Disp. und Trc. L. XVII. und Vrb. XVII.)*

Nach Ueberschreitungen bleibt man möglichst lange auf derselben Thalseite und sucht bald aus dem Bereiche der Inundation durch Hebung der Bahn zu kommen. *Trc. Taf. A. 66 Saarbrücken-Trier.*

Kosten von Brücken, Heusing. Kalend. XXV.

k. Bahnanlagen parallel und nahe dem Wasserlaufe.

26. Lange Dammböschungen in engen Gebirgsthälern und Verschütten des Wasserlaufs in letzteren, vermeidet man durch Thalsperren und

absatzweises Erhöhen der Thalsohle (Cascaden), oder Correction des Gewässers mittelst Verlegen des Bettes in den Felsen, oder durch einen Bachtunnel. *(Pressel, Zeitschr. des österr. Arch.- u. Ing.-Ver. XVIII. 1866 pag. 39.)* — *Thalsperren Trc. IV. 35. 36.*

27. In grösseren Flussthälern, deren Gefälle nicht stärker als das Maximalgefälle der Bahn, folgt meistens die Bahnkrone dem Gefälle des Hochwassers unter Beibehaltung der sub 14 erwähnten Höhe über Hochwasser.

28. Kann man in einem Flussthale die Bahn nicht aus der Höhe der Inundation entfernen, so empfiehlt es sich bei Herstellung des Dammes aus Seitenentnahmen (Abgrabungen), diese an der Bergseite zu machen, weil an der Flussseite gelegene Abgrabungen sich bei Hochwasser füllen und den Bahnfuss aufweichen können.

29. Muss man Abgrabungen an der Flussseite machen, so muss der Dammfuss genügend davon entfernt sein (bei niedrigen Dämmen wenigstens 2 bis 3 Meter, bei höheren mehr) und man muss durch stehen gelassene Querdämme die Abgrabungen parcelliren, damit nicht grosse Flächen, die starken Wellenschlag zulassen, entstehen und das Hochwasser nicht parallel dem Damme durch die Abgrabungen sich einen Weg bahne und den Dammfuss beschädige. *Erd. 25, 1.*

30. An Ufern von Seen finden sich über dem festen Boden (Felsen etc.) zuweilen Ablagerungen vor, welche ein Herabrutschen der Dämme veranlassen können. Unzuverlässige Hänge, deren Schichten nach dem Thale zu mit Neigung einfallen, sucht man zu vermeiden und wählt desshalb event. die andere Thal-Seite. *Trc. IV. 33. — Erd. L. XVII. 43 Horgen am Züricher See.*

l) Bahnanlagen in engen Thälern.

31. Ueber das Verfahren, wenn das Gefälle des Thales (namentlich des oberen Theiles) grösser als das der Bahn, wobei man von unten her früh genug am Hange aufsteigen muss, vergl. *Trc. Taf. 5, Fig. 51.*

32. In sehr unregelmässigem Gelände, an oft durch Seitenthäler unterbrochenen Hängen, kann eine Linie, welche mehr Tunnels erfordert, sowohl im Bau als im Betriebe (Unterhaltung) den Vorzug vor einer solchen haben, welche mehr Thalübergänge mit hohen Dämmen und Kunstbauten, oder auch Ein- und Anschnitte erfordert. *Schwarzwaldbahn Trc. 4. — Trc. L. VIII. 4. Gerwig. — Vrb. L. XI. 6. Arlbergbahn.*

33. Sonnige Thalseiten, welche wegen terrassenförmig zurücktretender Berggipfel Schutz vor Lawinen und sonstigen Gefahren bieten, und ein Terrain zeigen, welches nicht allzu unregelmässige, nur von einzelnen Thalschluchten oder aufsteigenden Felsriffen unterbrochene Formen hat und fest und trocken ist, sind Thalgeländen, wo Lawinengänge zu passiren sind und die an der Schattenseite eines engen Thales liegen, vorzuziehen.

34. In engen Flussthälern hat man nach Untersuchung der Hochwasserstände sich für die eine oder andere Thalseite zu entscheiden. Das Ufer, welches die wenigsten Hindernisse bietet und auf welchem man am längsten bleiben kann (wenig Flussübergänge), auf welchem die Plätze für die Stationen am bequemsten und billigsten (durch Ausgleichung flacher Berglehnen) und bei gutem Untergrunde zu beschaffen sind, ist das geeignetste. *Bahnhofslagen Trc. Taf. A. 57—62.*

35. In manchen Fällen vermeidet man das Ufer, an welchen sich schon bestehende Strassen und Wege befinden, weil man mehr Wegüber- oder Unterführungen, oder Verlegungen der Strasse und Wege erhalten würde, auch Sicherungen gegen Scheuwerden der Pferde (durch sorgfältige Einfriedigungen) herstellen müsste. Oft aber ist diese Lage nicht ausführbar, wenn Orte an der einen oder anderen Thalseite mit den Stationen in Verbindung stehen sollen.

36. Bei Bahnen in engen Hauptthälern mit nicht passend gelegenen oder keinen Seitenthälern, oder wegen Schneeverhältnissen, Lawinen etc. unsicheren Seitenthälern, welche Hauptthäler (hochgelegen, Alpenbahnen) durch steile Abhänge (oft steiler als 45 Grad) oder hoch ansteigende Felswände eingeschlossen sind und an einzelnen Stellen steile Stufen zeigen, thut man wohl, so lange es die Richtung und Steigung des Thals zulässt, günstiges Terrain in der Nähe des Thalbodens zu suchen und den Ausgleich der Höhendifferenzen an den plötzlich stark steigenden Thalstellen (Thalstufen) durch Entwickelung von Kehrcurven in den seitlichen Felswänden zu versuchen. *Gotthardbahn Project Hellwag. Vrb. XI. 7.* Auf diese Weise ist auch die Verbindung mit den Ortschaften möglich.

Im anderen Falle: bei allmählichem Aufsteigen an der Felswand, also Vertheilung der Ueberwindung einer steilen Thalstelle auf grössere Länge des Thales selbst, würden sich vielleicht Schwierigkeiten finden, die vorspringenden Felsen der Felswand mit Tunneln zu fassen, und die rückspringenden mit Dämmen zu überbauen, wegen Wildwässer und Steinabbröckelungen, in denen diese fliessen. Ein tieferes Hineinlegen eines Tunnels in die Felswand würde die Tunnellängen auf solchen Bahnen ungebührlich vermehren.

37. Die hohe Lage der Linie über der Thalsohle im Hochgebirge hat noch folgende Erschwernisse. Die Gelände werden oben steiler, die vorspringenden Felsköpfe häufiger und breiter, die Wände zerrissener und schroffer. Das Querprofil der Bahn ist daher schwieriger herzustellen. Die Einschnittswände und Dammböschungen werden höher, die Stützmauern und Dammböschungen häufiger und umfangreicher. Die Tunnels vermehren sich und erfordern grössere Längen. Alle Verhältnisse des Baues werden bedeutend erschwert; der Zugang zum Bahn-Niveau ist kaum noch anders als der Länge nach zu gewinnen, die Beischaffung der Baumaterialien und Hilfs-

mittel muss entweder ebenfalls in der Richtung der Bahn geschehen und dann müssen Wege und Hilfsbahnen angelegt werden, oder es müssen Aufzugsvorrichtungen geschaffen werden, welche nicht ohne Maschinenkraft zu bewirken sind. Sodann ist die Unterbringung und Versorgung der Arbeiter erschwert und endlich werden die Witterungsverhältnisse, Schnee, Regen, Kälte und Sturm rasch ungünstiger, wenn man sich von der geschützten Lage der Thalsohle erhebt. *Arbeiterwohnungen, Baracken etc. Erd. L. XXXIX. 1 bis 4.*

m. Heftigen Winden ausgesetzte Stellen.

38. Stellen, die heftigen Winden, Schneewehen, Schneestürzen etc. ausgesetzt sind, vermeidet man wo möglich und sucht, wenn die Wahl bleibt, die aus Erfahrung bekannten schneefreien Hänge. Einschnitte von 2—3 Meter Tiefe verwehen leichter als tiefere Einschnitte.

Ueber Winddruck: Mémoire sur les piles etc. von Nördling, Annal. des ponts et chauss. VIII. 1864. Umwehen von leeren Eisenbahnwagen 149 Kil. pro □Meter. — Pinzger, Stabilität von Fabrikschornsteinen, Notizbl. des Arch.- und Ing.-Ver. für Niederrhein und Westfalen. Band II. pag. 43—55. 144 Kil. per □Meter. — Fresnel rechnet bei Leuchtthürmen 275 Kil. pro □Meter.

n) Tunnel.

39. In langen Tunneln muss, wenn die Locomotive im Stande sein soll, dieselbe Zuglast wie auf offener Strecke fortzuschaffen, die Maximal-Steigung ermässigt werden, weil wegen der schlüpfrigen Schienen die Adhäsion geringer ist.

Beispiel. Nach Erfahrungen am Brenner, Semmering und Mont-Cenis sinkt der Adhäsionscoefficient, welcher auf offenen Strecken von 25‰ und Curven von 300 Meter Radius $\frac{1}{7}$ beträgt in grossen Tunneln auf $\frac{1}{7{,}8}$ bis $\frac{1}{8}$, so dass daselbst die Leistung einer 4-kuppligen Berglocomotive häufig von 175 auf 150 Tonnen herabgemindert wurde.

Beispiel 2. Bei der Gotthardbahn (Hellwag) soll in allen Tunneln von beträchtlicher Länge, welche in Bahn-Curven von weniger als 400 Meter Radius liegen, die Maximal-Bahnsteigung in den Anschlussbahnen von 10‰ auf mindestens 8½—9‰, und in den Rampen die Maximal-Steigung von 25‰ auf 22 bis 23‰ reduzirt werden.

o) Nahe stehende Gebäude.

40. Handelt es sich um der Bahn sehr nahe stehende Gebäude, so kann die Frage aufgeworfen werden, ob Abbruch des Gebäudes oder Anlage von Futtermauern oder steilen Steinböschungen vorzuziehen. *Vergl. Stz. Taf. X.*

Die Erschütterungen eines Eisenbahnzuges, der durch einen Tunnel fuhr, sollen auf 1 Kilometer und weiter bemerkbar gewesen sein. (The Engineer May 12. 1865 pag. 290) nach anderen Versuchen auf 200 Meter nicht mehr. (Eisenbahnzeitung IV. 1846. pag. 209—210.) Eben so die eines frei fahrenden Zuges nicht mehr auf etwa 200 Meter. (Pol. Central.-Blatt XXIV. 1858. pag. 1157. Gutachten von Mousson, Wild und

Clausius wegen Beeinträchtigung einer Fabrik optischer Gläser.) — Dies kann bei Gebäuden, worin feine Wägungen und Messungen vorkommen, z. B. physikalische und chemische Laboratorien (Aachen), Münzstätten, Observatorien etc. in Frage kommen. Vergl. auch Artizan XXI. 1863. pag. 204 wegen Eisenbahn durch Greenwich-Park in der Nähe des Observatoriums; dasselbe im Auszuge in Civil-Ingenieur IX. 1863 Lit.- und Notiz-Blatt. p. 77.

In Preussen bestehen betreffs der in der Nähe der Bahn befindlichen, oder noch zu errichtenden Gebäude folgende Vorschriften vom 28. März 1873, die hier auszugsweise stehen:

1. **Liegt die Bahn mit dem anstossenden Terrain gleich hoch, so dürfen Gebäude, welche nicht mit feuersicherer Bedachung versehen sind, so wie Gebäude, in denen leicht entzündliche Gegenstände aufbewahrt werden, nur in Entfernung von mindestens 38 Meter von der nächsten Schiene, in der Horizontalen gemessen, errichtet werden. Auch darf innerhalb der gleichen Entfernung die Aufbewahrung leicht entzündbarer Gegenstände auf freiem Felde nicht stattfinden. Alle anderen Gebäude dürfen nur in Entfernung von mindestens 19 Meter von der nächsten Schiene aufgeführt werden.**
2. **Liegt die Bahn auf einem Damme, so ist zu obigen Entfernungen in beiden Fällen die $1^1/_2$ fache Höhe des Dammes hinzuzusetzen. Bei einem 10 Meter hohen Damme werden also die Entfernungen $38 + 10. 1{,}5 = 53$ Meter resp. $19 + 15 = 34$ Meter von der nächsten Schiene betragen.**
3. **Die Regierungen sind ermächtigt, in einzelnen Fällen, in welchen durch die örtlichen Verhältnisse auch bei geringeren Entfernungen eine Feuersgefahr ausgeschlossen ist, Ausnahmen eintreten zu lassen. Sie haben jedoch zuvor die gutachtliche Aeusserung der betreffenden Eisenbahn-Direction zu erfordern.**

   Notiz. Eine solche Bewilligung tritt meistens ein, wenn der Eigenthümer eines mit feuersicherer Bedachung zu erbauenden Hauses einen Revers unterschreibt, bei entstehenden Brandschäden oder sonstigen Beschädigungen die Eisenbahnverwaltung nicht verantwortlich halten zu wollen.
4. **Wer diesen Bestimmungen zuwider in der Nähe von Eisenbahnen Gebäude errichtet, oder Materialien niederlegt, hat deren Fortschaffung auf seine Kosten zu gewärtigen, wird aber ausserdem mit einer Geldstrafe von zwei bis zehn Thalern oder im Unvermögensfalle mit verhältnissmässiger Gefängnissstrafe belegt.**
5. **Auf die zum Betriebe der Eisenbahn erforderlichen Gebäude und Materialien findet die vorstehende Polizei-Verordnung keine Anwendung.**

Bemerkung. Kommen beim Bau einer Bahn vorhandene, nicht feuersicher gedeckte Gebäude vor, so entschädigt die Bahn den Eigenthümer für die Herstellung einer feuersicheren Deckung oder käuft das Gebäude an.

Für den Durchgang durch Wald und Weide vergleiche C. 19. Feststellung des Terrain-Bedarfs.

Notiz über Compensation.

Bei vollständiger **Compensation** oder **Ausgleichung** der Erdmassen aus den Einschnitten und Gräben in den Damm, also **Abtrag = Auftrag** hat man zwar die geringste **Erdmasse** zu bewegen, aber dies führt nicht immer zu einem Minimum der **Kosten.** Wenn sie **nicht** stattfindet, wird also ein geringerer oder grösserer Theil der Einschnittserde abgelagert und ein geringerer oder grösserer Theil der Auftragserde von der Seite, oder sonst wo her, gewonnen; es entsteht also bei den Einschnitten ein **Aussetzen** von Erde oder **Ablagerung**, und für die Dämme ein **Ausschachten, Ausgraben, Seitenentnehmen** der Erde (aus sogenannten Füllgruben).

Die Ausgleichung kann unzweckmässig sein oder ist nicht vorzunehmen:

1. Wenn die Transportweite zu gross wird, obgleich die Massen genügend gross sind. Z. B. bei den 1867 gebauten südrussischen Bahnen (Organ 1869. Beschrieben von Askenasy) wurde die Erde aus den Einschnitten rechts und links von der Bahn abgelagert und die zu den Dämmen wurde aus Füllgruben von der Seite entnommen, weil die Einschnitte und Dämme flach und langgestreckt waren und weil die Ablagerung zugleich als Schneewall dienen musste; auch weil das Terrain zu Ausgrabungen und Ablagerungen billig war.
2. Wenn die Einschnittsmassen zu klein sind und bei weiten Transporten die Anlagekosten einer Interimsbahn deshalb sich nicht gehörig vertheilen. (Karren-Transporte bis etwa 500 Meter, Hand- und Kippwagen bis 1000 Meter, Pferdekarren bis 2000 Meter und Interimsbahntransporte mit Pferden oder kleinen Locomotiven von 1000 Meter an bis eine Meile zuweilen, bei einem Quantum von mindestens 40—50,000 Cubikmeter.

Zum Gebrauch kann die folgende Transport-Tabelle dienen.

Allgemeine Transport-Tabelle

für Erd- und Gesteins-Massen-Bewegung, welche für Verdingung von Arbeiten in grösserer Entreprise, unter Berücksichtigung sämmtlicher Geräthe- und Nebenkosten aller Art, Risico und Ausfälle und für den Gebrauch bei Generalkostenanschlägen und Submissionen als ausreichend und sich seither bewährt habend, empfohlen wird in Henz-Streckert pag. 91, für einen Tagelohnsatz von 20 Sgr. umgerechnet.

Transport-Weite.	Transport-Preis pro 10 Cubikmeter. Sgr.		Transport-Weite.	Transport-Preis pro 10 Cubikmeter Sgr.	
Meter.	Erde.	Steine.	Meter.	Erde.	Steine.
40	16,0	20,0	600	65,3	81,3
60	18,7	24,0	650	68,0	84,7
80	22,0	28,0	700	70,7	89,3
100	25,3	32,0	800	74,7	93,3
120	28,0	36,0	900	77,3	97,3
140	32,0	40,0	1000	81,3	101,3
160	34,7	44,0	1250	84,7	106,7
180	37,3	48,0	1500	89,3	113,3
200	40,0	52,0	1750	93,7	121,3
250	44,0	56,0	2000	101,3	129,3
300	48,0	60,0	2500	108,0	138,7
350	51,3	64,0	3000	116,0	149,3
400	54,6	68,0	3500	122,7	158,7
450	57,3	70,7	4000	130,7	168,0
500	60,0	73,3	4500	137,3	177,3
550	62,7	77,3	5000	144,0	186,7

Preise für Gewinnen des Bodens siehe Heusing. Kalend. XIV. Der Erdbau.

Die Preise für den Grunderwerb zum Ablagern oder Ausgraben sind sehr verschieden. Im letzteren Falle kommt auch der etwa bleibende Culturwerth

in Frage. Angaben finden sich in Heus. Kalend. XXIII. Grund-Erwerb und Nutzungs-Entschädigung. Auf der Strecke Altenbecken-Holzminden wurden beispielsweise pro preussischen Morgen (oder nahe 1/4 Hectar) bezahlt für Acker 140 bis 404 Thaler, für Wiese 171—375, für Weide 40—221, für Gärten 265—745 Thaler.

3. Wenn die Kosten des Grundes in unwirthbaren Gegenden sehr billig sind und zahlreiche Arbeiter oder Pferde zum Transport nicht zu haben, und das Quantum nicht genügend gross ist, um die Geräthekosten genügend zu vertheilen (wozu mindestens ein Quantum von 40—50,000 Cubikmeter bei Transport auf Interims-Bahnen gehören dürfte).
4. Wenn die Zeit der Herstellung sehr kurz gemessen ist. Dann kann man, wenn man nicht ausgleicht, mit mehr Arbeitern sowohl beim Einschnitte als beim Damme ankommen. Bei tiefen Einschnitten, wo das Heben des Bodens zur Seitenablagerung wieder theurer kommt, kann man zweckmässig den unteren Theil in den oberen des Dammes oder überhaupt in den Theil des Dammes, welcher dem Einschnitte zunächst liegt, verfahren (z. B. bei Lüneburg-Lauenburg, wo ein Einschnitt von 1400 Meter Länge und 13 Meter Tiefe vorkam, mit 225,000 Cubikmeter).
5. Wenn die Massenvertheilung durch Hindernisse unterbrochen wird, also z. B. sehr tiefe Schluchten zur Ermöglichung des weiteren Transportes vorher auszufüllen sind, wenn Tunnel und Brücken zu machen sind, welche nicht früh genug fertig werden können, um den Transport nicht zu hindern. Wenn nicht zusammenhängender Grunderwerb zu erwarten, wenn das Terrain sehr coupirt und unwegsam ist wie bei Gebirgsbahnen in schwierigen Fällen (St. Paulo-Bahn in Brasilien) und wenn Pferde und Lokomotiven schwer zu haben resp. zu repariren.
6. Wenn das gewonnene Material nicht zu Aufträgen geeignet ist (Moor, Schlamm, nasser Thon etc.), oder wenn es zu anderem Gebrauche werthvoller ist (Kies oder grober Sand zum Oberbau, Material zum Steinschlag für Oberbau, Felsen zu Bauconstructionen: Brücken, Futtermauern, Steinböschungen etc.), oder wenn Schneewälle zu machen sind, welche zur Seite ausgesetzt werden und zwar am häufigsten von der Stelle ab, wo Einschnitt in Damm übergeht, den Einschnitt entlang bis er etwa 2—3 Meter tief ist, und längs des Dammes bis er 1½ bis 2 Meter hoch ist.

Dagegen kann die Ausgleichung umgekehrt zweckmässig sein:

1. Wenn nicht zu lange Einschnitte und Dämme häufig auf einander folgen.
2. Wenn taugliche und genügend grosse Massen vorhanden sind, wie z. B. bei Bahnen in kleinen Flussthälern, wo abwechselnd Bergnasen durchstochen und Seitenthäler überschritten werden.
3. Wenn die Ausgrabungen resp. Ablagerungen nicht auf billigem Terrain und nicht in der Nähe zu beschaffen sind, oder wenn das Terrain in der Nähe zu theuer ist (Gärten, Weinberge etc.).

Endlich combinirt man beide Methoden und wendet für nahe dem Einschnitt gelegene Dämme Ausgleichung an, für weitere lagert man einen Theil des Einschnittes (den oberen meistens) vorher ab, und macht einen Theil des Dammes (den unteren meistens) aus Seitenentnahmen.

8. Curven in den Winkelpunkten.

In die Winkelpunkte legt man darauf Curven, deren Minimalradius nach den technischen Vereinbarungen gegeben ist (je nachdem Hauptbahn oder secundäre Bahn), wobei zwischen zwei Contrecurven

eine Gerade bleiben soll. Die Aenderung der Curve durch Verwandlung des Kreisbogen-Anfangs in eine Uebergangs-Curve (cubische Parabel) berücksichtigt man erst bei den speciellen Vorarbeiten resp. der Ausstockung der Erdarbeiten, Tunnel und Brücken für die Ausführung *(vergl. Helmert).*

Zwischen den Uebergangsrampen der äusseren Schienen zweier entgegengesetzten Curven (sogenannte **S** Curve) soll eine gerade Strecke von mindestens 10 Meter Länge liegen. Die rheinische Bahn wendet bei Radien über 600 Meter Uebergangs-Curven nicht mehr an. *Uebergangscurven Vrb. L. VIII. 1—3, 6, auch Trc. L. XIX. 11. Helmert.*

Zwei dicht auf einander in gleichem Sinne folgende Curven verschiedener Radien, mit (also kurzen) dazwischen liegenden Geraden, vereinigt man gern zu einer zusammenhängenden Curve. Eben so vermeidet man gern mehrere kurze Curven in demselben Sinne mit dazwischen liegenden Geraden, wie sich solche beim ersten Traciren auf Horizontalcurven, bei dem ängstlichen Bemühen, die Linie thunlichst in Terrainoberfläche zu legen, anzufinden pflegen. Man zieht, selbst bei einigen Mehr an Erdarbeiten, eine zusammenhängende Curve vor, wobei man korbbogenartige Curven anordnen kann, deren Halbmesser man für annähernd gleiche Bogenlängen, also in Absätzen wachsen oder abnehmen lässt. Dies sind also Curven wie sie beispielsweise das Ende eines von einem Polygon sich abwickelnden Fadens mit discontinuirlich wachsenden Krümmungshalbmessern beschreibt. Die Enden der Curve können dann an jeder Seite — (in der Ausführung) — durch cubische Parabeln in die anstossenden Geraden übergeführt werden. Gefällwechsel legt man thunlichst nicht in die Curve. Zwischen Gegengefällen und Gegensteigungen von $^1/_{200}$ und darüber macht man eine Ausgleichungsstrecke, wo möglich von der Länge eines Güterzuges, und rundet das Gefälle in der Verticalebene mit einem Radius von 10—12000 Metern bei Hauptbahnen, bei secundären Bahnen mit 2—5000 Metern ab, oder auch macht ähnlich wie bei den Uebergangs-Curven die Anschlüsse der Ausrundung nach einer parabolischen Linie. Bei secundären Bahnen (wo meistens vierrädrige Wagen und vierrädrige Locomotiven verkehren und wo langsamer gefahren wird) ist das Einlegen einer Ausgleichungsstrecke wenn auch erwünscht weniger wichtig als bei Hauptbahnen (wo sechsrädrige Wagen und Locomotiven mit mehr als zwei Achsen vorkommen). *Trc. IV. 40.*

Ueber scharfe Curven und deren Nachtheile vergl. Sorge, die Zwickau-Schwarzenburger Staatseisenbahn in Civil-Ingenieur VI. 1861 p. 271—278.

9. Erfolg der fortgesetzten Bearbeitung.

Im Allgemeinen hat eine fortgesetzte Bearbeitung den Erfolg, dass die Anzahl Curven und die Anzahl Gradienten sich verringern,

wobei man etwas mehr Erdarbeit oder etwas mehr Kunstbauten sich gefallen lässt, um keine so sehr gequälte Linie zu erhalten. Das Bestreben, die Trace zu verbessern, hat häufig Vermehrung der Erdarbeiten, oder wenn diese nicht eintreten soll, Verschlechterung des Profils zur Folge (steilere Gradienten, verlorene Steigungen etc.) und umgekehrt kann man Verbesserung der Gradienten häufig nur auf Kosten der guten Trace erreichen. Man muss daher in beiden Beziehungen Opfer bringen, auch die Baukosten nicht zu Ungunsten des Betriebes zu weit herunter zu bringen suchen und also Compromisse eingehen.

Steigungs- und Krümmungs-Verhältnisse einiger preussischen Bahnen,

aus der preussischen Eisenbahn-Statistik von 1873.

Bezeichnung der Bahn.	Gesammtlänge. Kilometer.	Horizontale Strecken in Procenten der ganzen Länge.	Steigungen u. Gefälle in Procenten der ganzen Länge.	In der Haupt-Verkehrsrichtung: grösste Steigung.	In der Haupt-Verkehrsrichtung: grösstes Gefälle.	Gerade Strecken in Procenten der Länge.	Curven in Procenten der Länge.	Kleinster Curven-Radius in Metern.
1) Bergisch-Märkische (Hauptbahn)	938	22,2	77,8	1:30	1:68	61,7	35,3	141
2) Rheinische Bahn	839	36,1	63,9	1:38	1:60	70,5	29,5	151
3) Ruhr-Sieg-Bahn	118	18,4	81,6	1:40	1:72	49,9	50,1	314
4) Saarbrücken und Saarbr.-Trier	171	31,2	68,8	1:60	1:90	53,0	47,0	288
5) Hannoversche Bahnen	781	29,4	70,6	1:64	1:80	73,3	26,7	290
6) Cöln-Giessen und Betzdorf-Siegen	182	27,1	72,9	1:80	1:80	72,9	27,1	339
7) Schleswig'sche Bahnen	230	23,2	76,8	1:90	1:140	72,8	27,2	335
8) Schlesische Gebirgsbahn	174	27,6	72,4	1:97	1:68	64,4	35,6	220
9) Rhein-Nahe-Bahn	122	29,3	70,7	1:100	1:100	53,6	46,4	376
10) Hannover-Altenbeken	140	34,2	65,8	1:100	1:80	67,3	32,7	421
11) Nassau- und Taunus-Bahn	259	24,4	75,6	1:100	1;125	52,0	48,0	180
12) Preussische Ostbahn	1399	33,2	66,8	1:100	1:100	81,3	18,7	188
13) Altona-Kiel	242	29,7	70,3	1:100	1:100	72,0	28,0	458
14) Berlin-Potsdam-Magdeburg	236	22,0	78,0	1:180	1:180	76,0	24,0	283

Bemerkung. Die Bergisch-Märkische hat 1/80 bei Hochdahl und die Rheinische 1/38 Aachen-Ronheide, beide mit besonderem Betriebe (Vorspann und Drücken).

Das Maximum in Procenten der (in Klammern in Kilometer angegebenen ganzen Bahn-Länge haben, an Horizontalen: Berlin-Stendal (104,27) und Glückstadt-Elmshorn (33,4), beide mit 57 Procent; das Minimum: Magdeburg-Halberstadt-Thale (84,16) mit 5,8 Procent. An Geraden, das Maximum: Berlin-Stendal (104,27) und Stendal-Lehrte (134,07) beide mit 90 Procent; das Minimum: Die Nassauische und Taunus-Bahn (259,14) mit 52, und die Ruhr-Sieg-Bahn (117,88) mit 49,9 Procent.

Note. Während in coupirtem Terrain die Anlagekosten der Bahn durch Zulassung kleinerer Radien erheblich herabgezogen werden, kann in sehr ebenem Terrain die Anwendung grösserer Radien Ersparung herbeiführen, weil die Bahnlänge kürzer wird als bei kleineren Radien.

10. Wahl der maassgebenden Gradiente.

Die maassgebende Gradiente (siehe Vereinbarungen) hängt ab vom Charakter der Bahn (Weltbahn, durchgehende Bahn, Localbahn, secundäre Bahn, kleine Industriebahn), auch influiren die Bahnen, mit denen die zu projectirende eine Vorbindung herstellt.

Namentlich hängt aber die Wahl der Gradiente und der Werth, den man auf Ermässigungen der Steigungen zu legen hat, von der Grösse des Verkehrs nach jeder Richtung ab. Während derselbe bei grossen Bahnen (Weltbahnen) weniger von einander verschieden ist, können bei secundären Bahnen (Productenbahnen) und Sackbahnen, Fälle vorkommen, wo der Verkehr vorwiegend bergab mit vollen Wagen, bergauf mit leeren geschieht. Im letzteren Falle ist auf die Vermeidung starker Steigungen nicht so grosser Werth zu legen, als wenn das Umgekehrte der Fall wäre. Der Betriebsplan gründet sich dann vornehmlich auf die Leistungen der Locomotive beim Hinaufschleppen von leeren Wagen. Dagegen erfordern starke Steigungen in jedem Falle zahlreiche und vollkommene Bremsvorrichtungen an den Wagen und Locomotiven. *(Vergl. im Anhange Auszug aus der Beschreibung der Bahn von Rostoken nach Marksdorf von P. Klunzinger, Wiener Allgemeine Bauzeitung 1875.) Trc. Taf. I. 4. 5. 6. — Bremsen, Theorie: Vrb. L. IX. 10 bis 15. — Vrb. LXV. 12 bis 17; Gegendampf 13–15, Luft 16.*

Andererseits ist die Configuration des Terrains insofern von Einfluss, als zu einem gewissen Terrain gewisse Steigungen am besten passen und auch mit stärkeren Curven und steileren Gradienten der höher liegende Endpunkt manchmal nicht billiger im Bau erreicht werden kann. Auch wird bei flacheren Gradienten, falls es sich um Ersteigung einer Höhe handelt, die Linie länger, so dass das auf Kosten des Baues durch bessere Gradienten für den Betrieb Gewonnene durch den längeren Weg zum Theil compensirt werden kann. Dagegen muss man bei Steigungen von über $^1/_{200}$ und Curven von kleinerem Radius als 1000 Meter langsamer fahren als bei flacheren und weniger gekrümmten Strecken.

Das „Bahnpolizei-Reglement für die Eisenbahnen Deutschlands“ vom 4. Januar 1875 giebt folgende Bestimmungen über die zulässige Geschwindigkeit auf breitspurigen Bahnen:

Die grösste Fahrgeschwindigkeit darf sein auf Hauptbahnen mit nicht stärkerer Steigung als $^1/_{200}$ und Curven nicht unter 1000 Meter:

Schnellzüge 75 Kilometer pr. Stunde, oder 1250 Meter pr. Minute, oder nahe 21 Meter pr. Secunde, oder die Meile von 7,5 Kilom. in 6 Minuten. Ausnahmsweise für Schnellzüge unter besonders günstigen Verhältnissen 90 Kilom. pr. Stunde mit ausdrücklicher Genehmigung der Aufsichtsbehörde.

Personenzüge 60 Kilom., oder 1000 Meter, oder nahe 17 Meter, oder die Meile in 7,5 Minuten.

Güterzüge 45 Kilometer, oder 750 Meter, oder 12,5 Meter, oder die Meile in 10 Minuten.

Notiz. Bei starken Curven muss der feste Radstand der Locomotivachsen kleiner werden, und es muss daher wegen grösserer Gefahr des Entgleisens bei den stärkeren störenden Bewegungen der Locomotive (namentlich der zweiachsigen) und der Fahrzeuge, auch dadurch erfolgender starken Beanspruchung und Abnutzung des Oberbaues die Geschwindigkeit derselben auch in der Geraden ermässigt werden.

Die erhebliche Ueberhöhung bei Curven von kleinem Radius, welche für schnellfahrende Züge erforderlich gehalten wird, ist den langsam fahrenden Güterzügen sehr unbequem. Bei Bahnen, welche nur langsamen Verkehr (event. nur Güterverkehr) haben, würden die Curven daher, unter sonst gleichen Umständen, kleinere Radien erhalten können.

(Für Geschwindigkeiten auf starken Steigungen und Gefällen ist zu vergleichen Kalender für Eisenbahntechniker von Heusinger v. Waldegg: Uebersicht der Leistungsfähigkeit der Locomotiven der Main-Weser-Bahn von Büte, und Belastungs-Normalien der Württembergischen Locomotiven von Brockmann.)

In den „Grundzügen für Gestaltung der secundären Eisenbahnen“ (siehe am Ende die Literatur) sind für breitspurige secundäre Bahnen I. bis 40 Kilom., II. bis 15 Kilom. Fahrgeschwindigkeit zu Grunde gelegt. Für III. secundäre B. mit 1^m oder $0^m,75$ Spur ist die zulässige Maximal-Geschwindigkeit nicht angegeben. (Vergl. Heus. Spec. V.)

Die französische Südbahn rechnet, dass man in Curven von 300, 250 und 200 Meter Radius mit resp. 30, 25 und 20 Kilom. pr. Stunde fahren dürfe.

Gleichmässigkeit der Gradiente für eine und dieselbe Betriebsstrecke ist Hauptsache und steile Gradienten zwischen den maassgebenden (wenn sie überhaupt mit vollem Dampf noch zu ersteigen) verlangen Ermässigung der Geschwindigkeit wegen grösserer Dampf-Admission.

Einzelne Gradienten, um am Bau zu sparen, so steil zu machen, dass sie mit Anlauf erstiegen werden müssen, ist verwerflich. Verlorene Steigungen sind im Princip mangelhaft, weil man die Last des Zuges auf ihre Summe ohne Nutzeffect hebt und die Geschwindigkeit auf dem Gefälle nicht so steigern darf, um die dadurch gewonnene lebendige Kraft auf der folgenden Steigung nutzbar aufzugebrauchen, doch kann man durch verlorene Steigungen oft erheblich an Erdarbeiten sparen. Durch Praxis und Uebung unter Berücksichtigung des Charakters der Bahn, kann man das Richtige treffen, wobei man überdies Profile ausgeführter Bahnen, die sich im Betriebe brauchbar gezeigt haben, kritisch studirt. *Vergleiche die Profile von Bahnen in der preussischen Eisenbahn-Statistik. Verlorene Steigungen Trc. II. 15. III. 15. Taf. 16. Friedr.-Franz-Eisenbahn.*

Nachdem feststeht, ob die Bahn eine breitspurige: wenn genügender Verkehr oder wenn sie die Endpunkte vorhandener breitspurigen verbindet, oder wenn sie, wenn auch für geringen Verkehr, eine nur kurze Sackbahn, die in eine breitspurige einmündet, wo die Kosten des Umladens also verhältnissmässig gross sein würden, oder ob sie eine von kleinerer

Spur werden soll, stehen nach den Vereinbarungen etc. die zulässigen Steigungen und Curven ebenfalls fest. Ist die Strecke (wenn sie breitspurige Bahnen verbindet) so kurz, dass ein gesonderter Betrieb — (mit besonderen Locomotiven oder Vorspann, event. getheilten Zügen, also wenigstens einige Meilen lang) — nicht thunlich, so muss man sich um so mehr der Profilirung und Tracirung der zu verbindenden Bahnen anschliessen, namentlich in Bezug auf die Curven, damit Wagen und Locomotiven der anschliessenden Bahnen, wegen ihres Radstandes, mit Sicherheit und mit nicht verminderter Geschwindigkeit passiren können. Im Allgemeinen sind starke Curven unerwünschter als starke Steigungen, weil die Construction starker, mehrfach gekuppelter Locomotiven, schwieriger wird.

Kann man Gleichmässigkeit der Steigungen nicht erreichen, so sucht man die Bahn in verschiedene Betriebsstrecken zu theilen, welche solche Steigungen erhalten, dass man die Züge der vorgehenden in zwei (oder mehrere) Theile theilen, oder zwei (oder mehrere) Locomotiven vorspannen (resp. drücken lassen) kann, welche gleiche Theilung den Betrieb erleichtert. Oder man wendet auf der steilen Strecke eine stärkere Locomotive an. *Trac. I. 3. Taf. D. 2. Hannover-Cassel. — Heusing. Ing.-Wiss. I. Koch.*

Ueber zusammen passende Curven und Steigungen vergleiche Vereinbarungen §. 2 und 3, wonach bei $\frac{1}{200}$ nicht unter 1100m, bei $\frac{1}{100}$ nicht unter 600m, bei $\frac{1}{40}$ nicht unter 300m Radius wo möglich anzunehmen. — Nachtheile scharfer Curven: Verminderte Sicherheit bei geschwind fahrenden Zügen, Vermehrung des Widerstands, und daher der Abnutzung des Betriebs-Materials und des Oberbaues. *(Vergl. Heus. Spec. I. 1877. pag. 59 Sonne.)*

Länge starker Steigungen. Einige empfehlen, starke Steigungen an einzelnen Stellen durch horizontale oder wenig geneigte Strecken zu unterbrechen, um bei der Auffahrt auf diesen Stellen Dampf sammeln, bei der Heruntorfahrt besser anhalten zu können.

Theoretisch genommen ist die Länge der stark geneigten Rampen durch die Bedingung bestimmt, dass die Züge sie ersteigen können, ohne Wasser nehmen zu brauchen. In der Praxis muss man oft unter dieser Gränze bleiben und die Rampen unterbrechen.

Beispiele: Bei der Semmering-Bahn werden die stärksten Steigungen von 1/40 alle 10,000 Fuss (3160 Meter) *Trc. Doppelblatt 11.* durch horizontale oder nur wenig ansteigende Strecken von etwa 1800 Fuss (569m) Länge unterbrochen. Auf der Orleans-Bahn haben die 0,030 steigenden Rampen über die Lioran-Wasserscheide 8400m an der Seite von Murat, und die 14300m Länge an der Seite von Vic sind in zwei Theile durch eine Horizontale von 600m getheilt.

In der Enquête von 1863 *(Trc. Lit. VIII. 20)* ist die franz. Ostbahn der Ansicht, dass bei Rampen, welche Nebeln ausgesetzt sind, es nützlich ist, sich Ruhepunkte von einigen hundert Metern Länge alle 6—8 Kilom. zu verschaffen; die Ardennen-Bahn empfiehlt, starke Rampen in Theile von höchstens 10 Kilom. zu zerlegen mit Horizontalen von 3—400m dazwischen, und die Südbahn empfiehlt, bei Steigungen von 0m015 an, wenigstens 200m horizontal alle 5 Kilom. einzuschalten. Hierbei muss dann die erforderliche Ausrundung des Gefälles stattfinden. (Vergl. über die geringste Länge einer und derselben Gradiente. pag. 14. Regeln 3.)

Entfernung der Wasserstationen (nach Koch in Heusing. Ingen.-Wissensch. I. 1877 pag. 272). Bedeuten R den Treibradhalbmesser, h den Kolbenhub, r den Cylinderhalbmesser, Alles in Metern, A den Fassungsraum des Tenderkastens an Wasser in Cubikmetern, a die Dampf-Admission in Procenten des Kolbenlaufes, so sind, um L Kilometer zu durchlaufen,

$$\frac{1000}{2\,R\,\pi}\,L$$

Treibrad-Umdrehungen erforderlich, vorausgesetzt, dass kein Schleudern der Treibräder bei Abnahme der Adhäsion (fallender Nebel, Reif, Glatteis) bei ungünstigen Verhältnissen (im Gebirge, zur Winterzeit) vorkommen. Bei jeder Umdrehung werden 4 Cylinderfüllungen (bei Maschinen mit 2 Cylindern) verbraucht, also ist der Dampfverbrauch bei einer Umdrehung

$$= \frac{4\,a\,h\,r^2\,\pi}{100}$$

Cubikmeter. Daher auf L Kilometer $= \frac{20\,ah\,r^2}{R}\,L$ Cubikmeter.

Bei einer gebräuchlichen Pressung von 8½ Atmosphären Ueberdruck im Kessel wiegt ein Cubikmeter Dampf 5,0228 Kil., dazu 20 % für übergerissenes Wasser giebt 6 Kil. Also ist pro L Kilometer Weg Wasser verbraucht

$$= \frac{120\,a\,h\,r^2}{R}\,L$$

Kilogr. und an Kohlen wird etwa ⅛ von diesem Gewichte gebraucht, wobei das spezifische Gewicht der im Tender befindlichen Kohlen (mit Zwischenräumen) sehr nahe = Eins gesetzt werden kann; also wiegt der Cubikmeter derselben 1000 Kil.

Es ist also erforderlich, dass

$$1000\,A = \frac{120\,a\,h\,r^2}{R}\,L$$

sei, und wenn A gegeben, ist L oder die Entfernung der Wasserstationen

$$L = \frac{1000\,R\,A}{120\,a\,h\,r^2}\ \text{Kilometer.}$$

Zur Sicherheit, weil die Tender nicht stets ganz gefüllt, auch nicht vollständig ausgenutzt werden, weil Wasser verloren geht etc., setzt Koch a. a. O.

$$L = \frac{1000\,R\,A}{300\,a\,h\,r^2}\ \text{Kilometer.}$$

Tender für breitspurige Bahnen fassen 8—10 Cubikmet. Wasser und 60—80 Centner Kohlen. Die Tenderkasten von Tendermaschinen 3,5—5,0 Cubikmeter Wasser und etwa 25—50 Centner Kohlen.

Grove (in Heus. Spec. Eisenb.-Techn. III. Band 1874. pag 162) rechnet bei normaler Leistung für Schnellzugmaschinen a = 25, für Personenzugmaschinen a = 30, für Güterzugmaschinen a = 40 und für Gebirgsmaschinen a = 50. Bei Steigungen, welche stärker sind als die maassgebende Gradiente, wird a selbstredend grösser (vergl. übrigens Koch in Heus. Ing.-Wissench. I. 1877. pag. 208 §. 2.)

Beispiel. Bei einer Güterzugmaschine sei auf der maassgebenden Gradiente a = 40, ferner R = 0m,66, h = 0m,60 und r = 0m,23, A = 9,5 Cubikmeter, dann ist die erforderliche Entfernung der Wasserstationen

$$L = \frac{3{,}33\,.\,0{,}96\,.\,9{,}5}{40\,.\,0{,}6\,.\,0{,}23^2} = 16{,}48\ \text{Kilometer.}$$

B. Traciren.

II. Verfahren beim Traciren.

Der Höhenunterschied der Endpunkte oder einzelner Hauptzwischenpunkte ist bekannt. Man findet daher z. B. bei einer Bahn, die in einem Thale ohne zur Entwickelung Platz bietende Seitenthäler aufsteigt, die durchschnittliche Gradiente für die ganze Länge, wenn man die Höhendifferenz durch die Entfernung der zu verbindenden Punkte (nach Abzug der Längen für die Bahnhöfe) dividirt. Meistens werden aber erheblich steilere Gradienten vorkommen, wenn man (zur Ersparung von Anlagekosten) verlorene Steigungen anordnen will und auch weil das Thal nach aufwärts hin für gleiche Längen stärker ansteigen wird, da das Gefälle desselben in der Nähe der Wasserscheide im oberen Thale stärker ist; die thalabwärts liegenden Gradienten werden daher im Allgemeinen flacher als die zulässige steilste sein; häufig hat man Gelegenheit, durch Pegelhöhen bei Mühlen, Höhen von Ueberfällen und Wehren, deren Entfernung auf der Karte gemessen wird, sich über das vorhandene Gefälle des Thals zu orientiren. Auch muss in Curven die Steigung in der anliegenden Geraden um etwa $^1/r^m$ bei breitspurigen Bahnen vermindert werden, wenn r der Radius der Curve in Metern ist. *Curven-Widerstände: Trc. L. XVIII. — Vrb. L. XVIII. — Widerstände auf Eisenbahnen. Heus. Spec. Band III., Die Locomotive.*

Sind aber die verlangte Gradiente und die Höhendifferenzen der zu verbindenden Punkte gegeben, so ergibt sich daraus die geringste erforderliche Länge der Linie. Ist der directe Abstand der zu verbindenden Punkte nicht wenigstens so gross, so muss eine Entwickelung der Linie (in Seitenthälern durch Einkehren, Rückkehren, schleifenartige Tracirung etc.) möglich sein, z. B. bei einer Gradiente von $^1/_{100}$ und 80^m Höhendifferenz, ist die erforderliche Länge 8000 Meter, dazu beispielsweise zwei Stationen mit Horizontalen von 550^m (§ 52 der Vereinbarungen) gibt 9100 Meter. Ist die directe Entfernung zwischen den beiden Punkten nur 7000 Meter, so müssen 2100 Meter Verlängerung durch seitliche Abweichungen und Entwickelung gewonnen werden. Hierbei ist es Grundsatz, in (gewundenen) Thälern (wie z. B. Rhein-Nahe-, Oberlahnstein-Wetzlar-, Ruhr-Sieg-, Eifel-Bahn) möglichst lange auf einer und derselben Thalseite zu bleiben, um an Tunneln und Brücken sparen zu können. Bei Bahnen in grösseren Flussthälern, wo seltener Ueberschreitungen vorkommen (z. B. Alfeld-Göttingen etc.), legt man sich

über der Inundation an diejenige Thalseite, an welcher man am längsten bleiben kann. *Vergl. Trc. III. und A. 63—71. Beispiele. — Trc. 15. Ruhr-Sieg. 17 und 18. Eifel-Bahn.*

Bei Uebersteigung einer Wasserscheide kann man durch Anlage von Tunneln die zu übersteigende Höhe um so mehr herabziehen, je tiefer man den Tunnel legt, wobei man wo möglich einen Sattel aussucht, der steil nach beiden Seiten abfällt, um den Tunnel möglichst kurz zu bekommen. Die Entwickelung der Linie kann dann wegen der geringeren Höhendifferenz entsprechend kürzer werden. Die Anlage eines Tunnels (namentlich auf der Wasserscheide) ist daher oft weit abwärts von Einfluss auf die zu beiden Seiten desselben liegenden Strecken resp. deren Gradienten. Die Baukosten und capitalisirten Betriebskosten entscheiden auch hier. *Trc. V. 50. 15.*

Man beginnt am besten mit dem Traciren bei der Wasserscheide und sucht hier die meiste Entwicklung seitwärts zu erlangen, weil in der Richtung des Thales die Höhendifferenz auf gleiche Längen in der Nähe der Wasserscheide am grössten zu sein pflegt, daher an dieser Stelle die Schwierigkeiten zu liegen pflegen, *Trc. III. 20. — Specialwerke über Traciren. Trc. L. VIII. und Vrb. L. VIII.*

12. Maassgebende Zwischenpunkte.

Ausser der Höhe der Endpunkte resp. der dort auf passendem Terrain anzulegenden Bahnhöfe sind gewisse andere Punkte der Höhe nach gegeben durch Uebergänge über Gewässer (steinerne oder eiserne Brücken), durch Kreuzungen mit Eisenbahnen, Chausseen oder frequenten Landwegen, die bei Hauptbahnen nicht im Niveau überschritten werden sollten. Nicht frequente Wege überschreitet man in Deutschland und Frankreich noch im Niveau, da dies billiger kommt wegen Ersparniss an Erdarbeiten (weil man Rampen im Profil spart und die Bahn an vielen Stellen weniger hoch oder weniger tief zu liegen braucht). Man kann die Wege, wenn sie nicht schon ihre zulässige stärkste Steigung oder das stärkste Gefälle haben, meistens billiger der Höhe nach verändern, als die Höhenlage der Bahn nach den Wegen einrichten. Ausserdem kann man die Wege im Grundriss meistens leichter verändern als die Trace der Bahn, event. den Uebergang durch geeignete Parallelführung des Weges an einer oder an beiden Seiten nach einem geeigneteren Uebergangspunkte (wo der Damm oder Einschnitt noch eben genügende Höhe resp. Tiefe für ein Bauwerk haben) verlegen. *Trc. V. 44. 45.*

Ob es ökonomischer ist, bei wenig frequenten Wegen, die im Niveau übergeführt werden, lange und hohe resp. tiefe Auftrags- oder Einschnitts-Wegerampen zu haben, oder statt derselben Unter-

durchführungen oder Ueberführungen des Weges mit event. Veränderung der Höhe der Bahn anzuordnen: darüber entscheiden die Baukosten mit Berücksichtigung, dass man in letzterem Falle zuweilen einen Bahnwärter sparen kann, also dessen Gehalt (und sonstige Kosten capitalisirt) nebst den Kosten einer sonst nöthigen Wärterbude oder eines Wohnhauses, auch dass die Kosten des Wegeabschlusses durch Barrièren in Wegfall kommen.

Der höchste Wasserstand bei Inundationen ist nach pag. 16, Regel 14 zu beachten.

Ob in einem, in seltenen Fällen (im Zwischenraum vieler Jahre), erheblichen Inundationen (z. B. durch Deichbrüche) ausgesetztem Terrain die Bahn wasserfrei mit erheblichen Kosten für Brücken, oder nur niedrig über dem Terrain, so dass die Inundation über sie wegfliessen kann, anzulegen ist, wobei der Betrieb während der Zeit bis zum Verlaufen der Inundation gestört ist, darüber entscheiden auf Kostenvergleichungen gestützte, die Localität und Veränderungen der Wasserverhältnisse im Allgemeinen, Berührung der Interessen der Anlieger berücksichtigende, sorgfältige, umfassende Erwägungen *(vergl. Wegebau 2. Aufl. pag. 458 etc.)*. Im Falle solcher Inundationen werden die Böschungen namentlich auf der Ablaufseite des Wassers flach bis zu 5 Basis bei 1 Höhe gemacht *(Lüneburg-Lauenburg, oldenburgische Bahnen in Erdarb. Taf. 20, 10–12; Taf. 36)*.

13. Aufsuchen der Trace auf dem Horizontal-Curven-Plane.

Nach dem bis hier Gesagten kann das Traciren auf dem Plane beginnen, wobei man im entsprechenden Maassstabe hergestellte Schablonen der Curven von durchsichtigem Papier, Horn oder auch Gelatine-Folie (sowohl convexe als concave) mit darauf gezogenen Radien (um Tangenten ziehen zu können), dreieckige durchsichtige Maassstäbe, um Proportionaltheile zwischen den Horizontalen zu finden, und eine Schnur (mit feinen Strickperlen z. B.) gebrauchen kann, welch letztere entsprechend dem Maassstabe der Karte und dem versuchten Gefälle durch Betupfen mit Tusche die zwischen zwei Horizontalen erforderliche Länge angibt. Man legt dann (in sehr coupirtem Terrain, wo man von Geraden nicht ausgehen kann), vom höchsten Punkte anfangend, ein der Länge zwischen den Endpunkten, oder der Höhe nach gegebenen Punkten, entsprechendes Stück Schnur auf und sucht dies so zurecht zu schieben, dass man mit Probiren verschiedener Curven in den Entwickelungen die allgemeine Richtung der Bahn möglichst verfolgt, wobei man die Höhenlage der Bahn wegen Ueberschreitung von Wasserläufen, Schluchten, Wegen im Auge behält, und wobei man sich erinnert, dass wegen der Bahnhöfe, Haltestellen oder blos Wasserstationen, Horizontale und Gerade erforderlich sind. *(Siehe Vereinbarungen und Köln-Mindener Vorschriften im Anhange.)*

Statt der Schnur kann man auch (vergl. folgenden Absatz) einen etwa 6 Millimeter hohen, in Stationen von 100 Meter getheilten Papier-

Streifen nehmen, den man hochkantig stellt und dessen Lage man durch Bleiplättchen mit aufgekremptem Rande fixirt. Auf diesen Streifen schreibt man wie folgt die Planums-Höhen.

Man stationirt nun in Stationen von 100 Metern (eventuell mit Zwischenstationen von 50 Metern), die so ausgelegte und mit Blei nachgezogene Linie mit dem Zirkel und schreibt bei jeder Station die ihr nach der versuchten Steigung zukommende Höhenzahl des Planums. Hierauf zieht man normal gegen die Bahnlinie an jeder Station eine Linie, welche das Terrain (rechts oder links von der Versuchslinie) in der angeschriebenen Höhe des Planums mit ihrem Endpunkte trifft. Verbindet man diese Endpunkte der Normalen, so bekommt man eine, je nach dem Terrain mehr oder weniger regelmässig gekrümmte Linie, welche im Terrain selbst liegt und keine Erdarbeiten, ausser Herstellung der Bahnbreite erfordern würde. Diese Linie heisst desshalb auch „Nulllinie“ und „Leitlinie“,[1]) weil sie einfach ersehen lässt, wie viel die Dämme resp. Einschnitte der zuerst versuchten Linie über oder unter Terrain liegen. Man sucht nun eine neue Linie unter Anwendung der zulässigen Curven, indem man, wo die Curven überwiegen, von diesen ausgeht und hernach sie durch Gerade verbindet, der Leitlinie möglichst zu nähern, um die Erdarbeiten herabzuziehen, stationirt die so corrigirte Linie und trägt dann auf quadrirtes Papier nach diesen Stationen ein Längen-Profil des Terrains auf, nach einem in den Höhen etwa 20fach vergrösserten Maassstabe (z. B. $\frac{1}{10,000}$ für die Längen, $\frac{1}{500}$ die Höhen).

In dieses Terrain-Profil trägt man nun, unter Rücksichtnahme auf Ausgleichung der Erdarbeiten (wo solche erwünscht) eine passende Gradiente, mit Hülfe Probirens, unter Anwendung einer schwarzen Schnur, ein. Mit Hülfe dieses Längenprofils sucht man die Trace nun so zu verschieben, dass möglichst wenig Erdarbeiten entstehen, und zu jeder Aenderung trägt man ein neues Längenprofil auf. Dies Verfahren wiederholt man so oft, bis man eine der allgemeinen Richtung möglichst folgende passende Linie gefunden hat. Auf diese Weise kann man jeden Abschnitt zwischen zwei Bahnhöfen für sich behandeln; man kann dabei, obgleich das Wechseln der Gradiente zwischen zwei Stationen nicht eben erwünscht ist, auch, je nach dem Terrain, verschiedene Gradienten an einander passen, wenn nur die Maximal-Steigung nicht überschritten wird.

Darauf werden die erforderlichen Bauwerke ermittelt und das Längenprofil wird durch Eintragen derselben vervollständigt etc. In der beschriebenen Weise kann man mehrere Linien eintragen (z. B. an verschiedenen Thalseiten) und solche bezüglich der Baukosten und der Betriebsfähigkeit untersuchen.

---

[1]) *Vergl. eine Darstellung in Heus. Ing. 1877. Taf. I.*

Um bei einer continuirlich ansteigenden Linie einen gleichmässigen Widerstand auf der ganzen Bahnlänge zu haben, würde man in Curven die Gradiente verflachen müssen, und zwar annähernd bei einer breitspurigen Bahn um $\frac{1}{r^m}$ und bei einer $0^m,75$ spurigen um etwa $\frac{1}{3\ r^m}$; zwischen diesen Werthen kann man interpoliren. Da man aber im Voraus die Länge der Curven und deren Halbmesser nicht kennt, so kann dieser Forderung manchmal nur durch mühsames Probiren und öfteres Aendern Genüge geleistet werden. (*Vergl. über Curvenwiderstände Vrb. XVIII. 1. Böhm. — Trc. XVIII. — Heus. Spec. III. Locomotivbau, Meyer. – Desgl. I. 1877 Sonne pag. 60.*)

Man kann dabei, um über die für diese Absicht erforderliche Länge zu disponiren, wenn man beispielsweise in den Geraden eine Steigung von $\frac{1}{50} = 0{,}02$ haben will und 45 Procent der Bahn beispielsweise als in Curven von 200 Metern voraussichtlich liegend schätzt, in welchen also (bei breitspuriger Bahn) die Steigung $\frac{1}{50} - \frac{1}{200} = \frac{3}{200}$ betragen soll, eine Länge probiren zu der Gradiente gehörig, welche sich findet, wenn L die Länge der Bahn und h der Höhenunterschied der zu verbindenden Endpunkte der fraglichen Strecke, aus $\frac{45}{100}\ L \cdot \frac{3}{200} + \frac{55}{100}\ L \cdot \frac{1}{50} = h$

$$\text{und hieraus } \frac{h}{L} = \frac{355}{20000} = 0{,}01775,$$

$$\text{mithin } L = \frac{h}{0{,}01775} = 56{,}34\ h$$

für die Länge der Schnur, mit welcher man zuerst die allgemeine Richtung sucht.

Bei weniger coupirtem Terrain, z. B. an nicht durch Seitenthäler unterbrochenen Hängen, welche ziemlich der Hauptrichtung der Linie folgen, kann man auch die dem Gefälle der Bahn entsprechende im Terrain liegende Linie (Nulllinie) vorerst aufsuchen und die wenigen Knicke, die sie macht, durch passende Curven ausgleichen, wozu sich die durchsichtigen Curvenschablonen eignen. (*Vergl. Wiebe, Horizontal-Curvennetz. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Ver. XIV. 1866. p. 415 etc., auch Heusing. Ing.-Wissensch. 1877. I. Vorarbeiten, Richard u. Mackensen.*

In der Ebene, also in Verhältnissen, wo mehr die Situation entscheidet als die Höhen, und wo man in der Wahl der Gradienten Spielraum hat, kann man beim Traciren am besten von der geraden Linie ausgehen und zur Erreichung eines Minimums von Erdarbeiten die Tracen unter Probiren verschiedener Curven und Gradienten ziemlich zwanglos verschieben, da man in der Wahl letzterer meistens grösseren Spielraum hat, ehe man den kleinsten Radius resp. die Maximalsteigung erreicht. Man kann hier den Anforderungen betreffs zweckmässiger Lage der Bahnhöfe am ehesten Rechnung tragen.

Die ein Mal versuchsweise aufgefundene Linie conservirt man, indem man sie unter Angabe einiger Terrainpuncte der Karte (um sie wieder auflegen zu können) auf Pauspapier durchzeichnet, um, wenn man durch fortgesetztes Probiren keine bessere findet, später darauf zurückkommen zu können und aus verschiedenen Versuchen die beste Trace zu componiren.

14. Genauere Beurtheilung der Linie beim Auftragen des Längenprofils.

Beim Projectiren der Gradienten legt man diese zuerst so nach Schätzung (bei seitlich nicht stark geneigtem Terrain mit Hilfe von

Tabellen, graphischen Darstellungen oder Maassstäben [1]), welche die Quantitäten für gewisse mittlere Höhen der Dämme und Tiefen der Einschnitte angeben), dass eine Compensation der Erdmassen (wenn diese erwünscht und wegen der Herstellung der Bauwerke möglich) thunlichst eintrete, wobei selbstredend wie vorhin Wege und Brückenhöhen die Fixpunkte für die Höhenlage der Gradiente abgeben. Die aus den Gräben erfolgenden Quantitäten berücksichtigt man vor der Hand nicht, erst bei der speziellen Bearbeitung kommen diese in Rechnung. *(Maassstab in Heus. Kal. 1877. XXIV. pag. 102.)*

Ein $0^m,75$ bis 1^m (Schienenunterkante) über Terrain hoher Damm ist, namentlich in feuchtem Terrain und in Terrain mit geringem Gefälle, wo das Grabenwasser nicht rasch abzuführen ist, auch auf nicht festem Untergrunde, wo eine Vertheilung des Druckes erwünscht ist [2]), der im Terrain mit Schienenunterkante liegenden Bahn vorzuziehen. Eben so sind niedrige Einschnitte in feuchtem Terrain (mit hohem Grundwasserstande und geringem Gefälle des Grundwassers) zu vermeiden. Die Anlage von Schneewällen [3]) ist in solchen Fällen nach den gegebenen Regeln zu berücksichtigen.

15. Verbesserung der sich zeigenden Mängel.

Man findet nun nach Herstellung des Profils, dass man tiefe Einschnitte an einigen, hohe Dämme an anderen Stellen erhält, und man sucht die Linie (Trace) so zu verlegen, resp. die Gradiente so zu ändern, dass die Erdarbeitkosten ein Minimum werden, dass lange Böschungen von Anschnitten oder an den Hang geschütteter Dämme, der Angriff bedenklicher Hänge vermieden werden, dass die Höhen der Kunstbauten (Viaducte etc.), die Länge etwaiger Tunnel, die in der Linie vorkommen, sich verringern. Bei hohen Dämmen sucht man die Linie an den Hang zu drücken, bei tiefen Einschnitten oder erheblichen Abschnitten abzurücken, wobei man finden wird, dass hier die Gränze der Möglichkeit meistens durch den kleinsten Krümmungsradius bedingt ist und dass die Trace sich beim Bestreben bessere Gradienten zu erreichen, bei übrigens gut gewählter Linie, meistens verschlechtert, wesshalb man in letzterem Bemühen nicht zu weit gehen darf.

Der Anfänger ist gewöhnlich zu ängstlich und macht, um geringe Ersparungen an Erdarbeiten zu haben, viele Curven und häufige Wechsel der Gradienten (Gefällbrüche).

Im Uebrigen können gewisse Terrainbildungen, die man vermeiden muss, die Lage der Linie modificiren und eine Verlegung wegen grösserer Sicherheit des Bestehens der Erd- und Kunstbauten angerathen scheinen lassen, selbst wenn dadurch die Trace weniger günstig werden sollte, nämlich:

---

[1]) *Vergl. über Flächenberechnung und Cubicirung: Trc. L. XIX. 11. Winkler, der Unterbau, Erd. L. XIX. 1—35. — Heus. Ing. 1877, Band I., auch Vrb. Text. pag. 5 u. 6.*

[2]) *Dämme auf Moor und nachgiebigem Boden, Setzen der Dämme etc. Erd. L. V. 1—13. Erd. Taf. 20—22 und 36. Oldenburg. Bahnen.*

[3]) *Vergl. Dsp. Taf. 11. Trc. L. XVI., Vrb. L. XVI. Erd. L. XXX 1—19. — Erd. Taf. 25, 4.*

1) Sümpfe, Moore und Triebsand;
2) stark abfallende Berglehnen mit vielen Wasserabsonderungen;
3) Einsattelungen in den Wasserscheiden und Mulden an den Gehängen (welche beide oft Schichtungen enthalten, die sich gegenseitig stützen), oder Gerölle welches nothdürftig im Gleichgewicht ist, daher namentlich für Einschnitte gefährlich.
4) Anschnitte an schräg abfallenden Thon- und Sandschichten, welche Wasser abführen;
5) Steinabhänge, auf welchen die Anlage theils im Einschnitte, theils im Abtrage liegen würde.

Endlich auch ökonomische Rücksichten können eine Verlegung der Linie veranlassen, z. B. erheblicher Ueberschuss an Abtragsboden oder ungeeignete Beschaffenheit desselben zu Dämmen etc.

Im Allgemeinen ist Herstellung des Planums durch Dämme vortheilhafter als durch Einschnitte, da bei ersteren bei gleicher Planumsbreite weniger Bodenmasse zu verarbeiten, weil bei Einschnitten die Breite beider Gräben und der Bankette neben den Gräben hinzukommen. Die Entwässerung der Anlieger ist bei Dämmen leichter, sie sind weniger Schneeverwehungen ausgesetzt als Einschnitte und das Gestänge friert nicht so leicht auf als in letzteren.

Mit der Tiefe der Einschnitte wächst auch häufig die Gefahr, auf unhaltbare Bodenschichten, Rutschflächen und Quellenlager zu stossen.

Dagegen muss bei Dämmen das Schüttmaterial um so besser sein, je höher die Aufträge werden, und ferner muss der durch Anschüttung zu belastende Boden genügend widerstandsfähig sein. An stark geneigten Thallehnen und Berghängen, besonders wenn dieselben mit einer Lage von compressiblem und unter Druck ausweichenden Boden bedeckt sind, wird Zunahme der Auftragshöhe am bedenklichsten. Dem Abrutschen dieses Bodens wirken Reibung und Cohäsion entgegen, aber die Cohäsion wächst (mit der Grösse der beschütteten Fläche) langsamer als das Gewicht des Dammes, so dass die Sicherheit gegen Abrutschen bei Zunahme der Höhe immer kleiner wird. *(Henz-Streckert pag. 24 und Erd. 25, 7; 23, 4.)*

Hohe Dämme und tiefe Einschnitte.

Beispiel 1. Auf der Bahn von St. Germain des Fossés nach Roanne *(Erd. L. I. 42.)* hielt man als Gränzen für die Höhen der Dämme 25—28 Meter, für die Einschnitte 20—23 Meter. Bei grösserer Tiefe der Einschnitte würden bis 30 m hohe Dossirungen an der Bergseite vorgekommen sein und die Felsen waren nicht homogen genug, um in steilen Böschungen zu stehen, flache hätten aber zu viel gekostet. Von dem verwitterten Granit (gore), der ausserordentlich fest und compact wurde, hätte man Dämme bis 40 Meter Höhe schütten können, wenn in dieser Höhe nicht ein Viaduct schon billiger gekommen wäre. In thonigem Terrain hielt man Einschnitte und damit hergestellte Dämme von 10—12 Meter Tiefe schon sehr gefährlich. Dabei kommt es indessen auf die Art der Ausführung (Kopf- und Seitenanschüttung mangelhafter als Lagenschüttung), auf die Feuchtigkeit des zu schüttenden Bodens (je nach Entwässerung des Einschnittes beim Gewinnen) und das Wetter während der Bauzeit, und endlich auf den Untergrund (ob comprimirbar, schlüpfrig, geneigt etc.) an.

Beispiel 2. Auf der schiefen Ebene der Bahn von Santos nach St. Paulo *(Trc. Taf. 12 nebst Erläuterung)* in Brasilien, kommen Einschnitte von 75 Fuss engl. (23 m) Tiefe und Dämme von 95 Fuss (29 m) Höhe vor und da die Böschungen der Einschnitte wegen der gefährlichen Natur des Bodens 1¼ bis 1½ Basis auf Eins Höhe erhalten mussten, wurden sie an der Bergseite zuweilen 330 Fuss (100 m) lang und ähnlich die thalwärts geneigten Böschungen von Dämmen geringerer Höhe. Fast alle Dämme sind durch starke Stützmauern aus Trockenmauerwerk von 10—60 Fuss Höhe gehalten. Erdeinstürze

der Böschungen mussten durch umfassende Assainirung (Drainage und häufiges Abführen des Wassers quer über die Bahn mittelst gemauerter Canäle) verhütet werden.

Beispiel 3. Aus der deutschen Eisenbahn-Statistik von 1868, woraus hervorgeht, dass man in Deutschland bis auf die letzte Zeit wenig geneigt war, statt hoher Dämme und tiefer Einschnitte Viaducte resp. Tunnels anzuwenden.

Name der Bahn.	Höchster Damm.		Tiefster Einschnitt.		Höchster Viaduct.		Längster Tunnel.	
	Fuss preuss.	Meter.	Fuss preuss.	Meter.	Fuss preuss.	Meter.	Ruthen preuss.	Meter.
Badische Bahnen	103	32,34	86	27,00	93	29,20	239	901
Bairische Bahnen	168	52,75	98	30,17	81	25,43	256	965
Braunschw. Bahnen	100	31,39	113	35,48	106	33,28	234	882
Sächsische östliche Staatsbahn (Dresden-Grossschönau)	74	23,24	52	16,33	135	42,39	74	279
Sächsische westliche St.-B. (Leipzig-Hof-Eger)	86	27,00	81	25,43	251	64,81	45	170
Württembergische Bahnen	101	31,71	71	22,51	146	45,84	237	893
Bergisch-Märkische Bahn	118	37,05	110	34,54	—	—	249	939
Böhmische West-Bahn (Prag-Fürth	121	38,00	60	18,84	121	38,00	—	—
Oesterreichische Südbahn (Wien-Fürth)	84	26,37	131	41,13	123	38,62	380	1433
Rheinische Bahn	86	27,00	93	29,20	112	35,17	432	1629

Der Tunnel der Moselbahn bei Cochem ist 4200 Meter, der Mont-Cenis-Tunnel 12220 Meter, der Gotthardtunnel 14900 Meter lang.

Ueber Eisenbahnstatistik. Trc. I. 1, 2. — Vrb. VI. 8.

16. Stationiren der Linie und Auftragen des Längenprofils.

Man kann jetzt auf der Karte die definitive Linie stationiren, in Stationen von 100 oder 50 Meter Länge, und die Höhen der Stationspunkte im Terrain durch Proportion zwischen den Horizontalen ermitteln, um das Terrainprofil zu vervollständigen. Zur genaueren Beurtheilung der bis jetzt geleisteten Arbeit trägt man, wo die Quernеigung des Terrains dies verlangt, (z. B. wenn stärker als $\frac{1}{10}$) nunmehr die Terrainprofile auf (im Maassstabe von $\frac{1}{200}$ und nicht der Höhe nach carrikirt, am besten in ein besonderes Heft) in genügender Breite (je nach der Höhe oder Tiefe der Bahn und etwa in Aussicht stehender Verlegungen) rechts und links von der Bahnachse. Von dem Anfangspunkte der Stationirung ausgehend, spricht man von „rechts“ und „links“ von der Bahnachse (nicht nach dem Compass zu bezeichnen, weil dies bei stark gewundenen Linien zu Irrthümern führt), und eben so zählt man die Stationsnummern auf dem Plane und dem Profile von links nach rechts, wie man zu

losen gewohnt ist. Man trägt nun, mit Berücksichtigung der Auf- und Abtragscoten des Längenprofils und der erforderlichen Coten der Grabensohle, die Bahnquerprofile mit den Gräben (auch den Ausgrabungen, Ablagerungen, Schneewällen etc., so weit dies Alles vorläufig festgestellt ist) in das Terrainquerprofil ein.

Die Normalprofile für Herstellung der Bahn hängen betreffs ihrer Form, Böschungen etc.) von der Beschaffenheit des Materials zur Dammschüttung resp des Einschnittsbodens ab. Die Dimensionen der Kronenbreite etc. sind durch die „Vereinbarungen“ resp. den Zweck der Bahn (breitspurig oder secundär) festgestellt. Die Böschungen wechseln in der Regel von $1^1/_2$ Basis auf 1 Höhe in leichtem Boden, bis $^1/_6$ zu 1 Höhe in Felseinschnitten. *(Vergl. Futtermauern und Steinbekleidungen und Erdarbeiten.)*

Ausserdem muss man sich entschieden haben, ob die Bahn ein- oder zweigleisig ausgeführt werden soll. *Trc. L. VIII. 15, Nördlinger; 20, Enquête über franz. Bahnen. — Heus. Ing. Band I. p. 39—41.* Die Breite der Bahnhöfe nimmt man vorerst nach ausgeführten Beispielen. *Vergl. Ueberdr. Nro. 40 Bahnhöfe der Eifel-Bahn.*

17. Anordnung der Bahngräben.

In flachem Terrain kann man ohne Weiteres im Längenprofil die Brechpunkte der Gräben mit Berücksichtigung, dass sie in die Bach- und Flussläufe, welche die Bahn durchschneiden, entwässern müssen, oder dass abgeschnittene Terrainsenkungen selbstständig durch Durchlässe entwässert werden müssen, bestimmen.

In coupirtem Terrain, welches stark und unregelmässig geneigt ist, kann man die Gräben erst mit Hülfe der aufgetragenen Querprofile bestimmen und die Grabensohlen auf der Bergseite kommen, in das Längenprofil eingetragen, oft über dem Terrainprofil zu liegen. Ist ausser dem an der Bergseite erforderlichen Graben noch einer an der unteren Seite erforderlich, so sind also an dieser Stelle zwei Grabensohlen in das Längenprofil zu zeichnen, von denen man eine auszuziehen, die andere zu punktiren pflegt. *(Vergl. übergedrucktes Längenprofil der Linie Aachen-Welkenraed von Bahnhof Templerbend bis zum Tunnel. Ueb. Nro. 11.)*

In Einschnitten folgen die Gräben (in feuchtem Terrain $0^m,75$—1 Meter, in trockenem wenigstens $0^m,6$ bis $0^m,75$ unter Schienenunterkante tief, bei etwa $0^m,5$ Kies- oder Steinschlag-Bettung unter Schienenunterkante) dem Gefälle, wenn dies wenigstens $\frac{1}{500}$ ist. Ein Minimum bei horizontalen Strecken ist $\frac{1}{700}$ bis $\frac{1}{800}$ bei wenig Wasser und durchlässigem Boden. Bei stärker steigenden Strecken folgt die Grabensohle im Einschnitte dem Gefälle der Bahnkrone. Sie haben $0^m,3$—$0^m,6$ Sohlenbreite; wenn viel Wasser zu erwarten und die Gräben sehr lang ausfallen, verbreitert man die Sohle oder vertieft sie. Bei langen Einschnitten mit flachen Gradienten kann man manchmal das Gefälle etwa von der Mitte nach beiden Seiten führen, auch um beim gleichzeitigen Angriffe von beiden

Enden das Wasser während der Erdarbeiten gut los werden zu können. Bei Dämmen sind oft nur Gräben an der Bergseite erforderlich und wenn man sie bei niedrigen (bis 1m,5 hohen Dämmen) zum besseren Abschlusse und zur besseren Einfriedigung auch gern an der Thalseite anbringt, so erhalten sie also an der Berg- und Thalseite oft verschiedene Gefälle. Bei sehr durchlässigem Terrain (Sand, Kies etc.) und wenig Wasser kommen auch horizontale Grabensohlen vor.

Der Wunsch, zur Anschüttung der Dämme (geeignete) Erde zu gewinnen, kann zur Verbreiterung und Vertiefung der Gräben neben Dämmen führen (wenn die Erde nicht etwa von naheliegenden Höhen, weil dort ohne Wasserschöpfen zu gewinnen, bequemer erfolgt). Die Ausgrabungen kann man, wenn man sie nicht zu tief abgräbt, manchmal noch für Culturzwecke (Weiden und sonstige Anpflanzungen, *vergl. Goschler, Traité de l'exploitation des chemins de fer etc.)* ertragsfähig behalten, wesshalb man zuweilen auch den Humusboden vorher ablagert und später wieder anbringt, wenn man ihn nicht etwa nebst der unter den Dämmen befindlichen Grasnarbe (die man vor dem Schütten absticht und zur Seite ablagert) zu den Böschungen verbraucht. Die Scheitelpunkte der Gräben legt man thunlichst an Wegeübergänge, um Rampencanäle zu sparen; kleine und kurze Vertiefungen, welche an der Bergseite abgeschnitten werden und daher einen Durchlass erfordern würden, füllt man zuweilen aus, um letzteren zu ersparen, indem man den Graben (bis zum nächsten Durchlasse oder Recipienten) an der Bergseite weiter führt. *(Ueber die geringste Grösse der Durchlässe vergl. Disp. 7. 3. Ueb. 27, Rampen-Canäle, — auch v. Karen, Construction von Wegebrücken, Brückthoren und Rampen-Canälen. Zeitschr. d. hann. Arch.- und Ing.-Ver. XV. 1869, auch Extra-Abdruck bei Schmorl und v. Seefeld, Hannover.*

Bei der Badischen Schwarzwaldbahn hat man in einigen Felseinschnitten die Gräben ganz fehlen lassen und durch eine verdeckte Röhre in der Mitte des Planums ersetzt.

Bei Tunneln ordnet man die Gräben so an, dass das Wasser der Voreinschnitte nicht durch den Tunnel läuft. Bei Tunneln mit Gefälle erhält also der Graben des oberen Voreinschnittes ein entgegengesetztes Gefälle. ***Ueber Befestigung der Gräben je nach dem Gefälle Erd. 26. — Gräben überhaupt Erd. 25; 27; 28.***

18. Aufstellung der Projecte der Wege- und Vorfluth-Anlagen.

Man fertigt nun das Project der Wege- und Vorfluth-Anlagen *(Vorarb. pag. 23.)* an. Hierin werden, nach den Stationen folgend, die Brücken und Durchlässe, Wege-Unter- und Ueberführungen, Auftrags- oder Einschnittsrampen, Triften, Fusswege, Bachverlegungen, Wegeverlegungen, Parallelwege, Parallelwegsbrücken aufgeführt, um später den Anschlägen in den betreffenden Titeln zu Grunde gelegt zu werden. *(Für generelle Veranschlagungen vergl. B. „Ueberschlag der schlesischen Gebirgsbahn".) (Für Bestimmung der Brückenweiten siehe unten C. Nr. 25. und Trc. L. XVII. — Vrb. L. XVII.)*

C. Weitere Bearbeitung des Projectes

(nach den in Preussen vorgeschriebenen Anschlag-Titeln geordnet).

Tit. I.

19. Feststellung des Terrain-Bedarfs.

Im weiteren Verlaufe der Ausbildung des Projectes hat man überlegt und festgestellt, ob Compensation der Erdmassen oder Benutzung von Ausgrabungen (Füllgruben) oder Ablagerungen billiger kommen, auch mit Berücksichtigung der Erdarbeiten der Bahnhöfe und derjenigen zu den Wegeübergängen und Herstellungen von Anschüttungen für Wärterhäuser, und es können hierbei sich noch kleine Veränderungen der Gradiente und der Trace nützlich zeigen.

Man bestimmt dann das zu beiden Seiten, je nach der Tiefe der Abgrabungen oder Höhe der Ablagerungen, erforderliche Terrain, wobei man bei Einschnitten manchmal an der Bergseite einen 2 bis 4 Meter von der Kante desselben entfernten Graben zum Sammeln des Wassers anlegt, um es an einzelnen Stellen in (gepflasterten oder sonst befestigten) Rinnen die Böschung hinab in den Einschnittsgraben zu leiten. *Erd. 26, 8. 27, 3 u. 4.* Mehr concentrirte Wasseradern oder Wasserzuläufe leitet man direct an den Stellen, wo sie den Einschnitt treffen, die Böschung hinunter. Kommen Ablagerungen an der Bergseite vor, so macht man den Graben auf der äusseren Seite der Ablagerung und durchbricht diese nach Bedürfniss alle 100 – 150 Meter etwa mit Gräben, welche das Wasser die Böschungsrinne hinab führen. Die Ablagerung muss bei losem, dem Rutschen ausgesetztem Terrain des Einschnittes mit dem dem Einschnitte zugekehrten Böschungsfusse etwas ($2^1/_2$—5 Meter z. B.) von der Einschnittskante entfernt liegen und so abgedacht sein, dass das Wasser vom Einschnitte abgewiesen wird in den äusseren Graben vor der Ablagerung. Bei Einschnitten, wo es zweifelhaft ist, ob sie sich mit der anfänglich projectirten Böschung halten werden, legt man den Fuss der Ablagerung so weit von der Einschnittskante, dass, wenn später eine $1^1/_2$-füssige Einschnitts-Böschung hergestellt werden müsste, der Fuss der Ablagerung noch wenigstens 1 bis 2 Meter vom Rande des Einschnittes bleibt. Aehnliches gilt für Ausgrabungen an den Füssen von Dämmen. *Erd. 27. 25, 1, 2.*

Eventuell formirt man die Ablagerung zu Schneewällen, die ebenfalls Durchbrechungen für den Wasserabfluss erhalten. *Erd. 25, 4.* Beim Durchgang durch Haide macht man an jeder Seite einen Brandstreifen

(von etwa 8 Meter Breite), welcher für Cultur von Hackfrüchten (Kartoffeln. Wurzeln, Rüben etc.) nutzbar gemacht wird und beim Durchgange durch Wald müssen, am ehesten von der Wetter- oder Windseite her, 15—20 Meter Raum frei bleiben bei Laubholz, und 21 Meter bei Nadelholz, von der Mitte des nächsten Gleises ab gerechnet, bei solchen Beständen, welche beim Umwerfen durch Wind auf die Bahn fallen könnten.

Endlich kommt noch an jeder Seite der Bahn überall ein Schutz- oder Sicherheitsstreifen (Stellwanne etc.) hinzu, von $0^m,8$ bis 1^m Breite, auf dessen Mitte meistens man die Einfriedigung, und mit der Aussenkante bündig die Aussenkante der Gränzsteine später setzt.

Das Terrain für die Bahnhöfe endlich stellt sich nach ähnlichen Bahnhöfen, oder nachdem man die Projecte für die vorliegende Bahn inzwischen bearbeitet hat, fest. Man muss sorgen, die Gräben bei Bahnhöfen tief genug zu legen (womit also der erforderliche Terrainbedarf wächst), um gute Entwässerung des Bahnhofes und der Gebäude erreichen zu können.

Nach allem Diesen kann man nun das für die gesammte Bahnanlage erforderliche Terrain bestimmen, welches nach dem Gebrauchszwecke geordnet (Bahn und Gräben, Rampen, Parallelwege, Wegeverlegungen, Correction von Wasserläufen, Ablagerungen, Ausschachtungen oder Abgrabungen, Kiesgewinnungsplätze, Steinbrüche, die man ausbeuten will etc., Schneewälle, Brandstreifen, Windbruchstreifen, Plätze für Bahnwärterhäuser und Dienstland [1]) nach Maassgabe des Wärterdienstplans (siehe unten) und innerhalb jeder dieser Abtheilungen nach der Culturart geordnet (Garten, Acker, Wiese, Weide, Haide, Holzung, Moor etc.) angegeben wird.

Die Berechnung der Flächen geschieht in einer der gebräuchlichen Weisen mit dem Planimeter-Zirkel, Amsler's Planimeter, durch Verwandlung in Dreiecke, etc. Bei der weiter nach Genehmigung des Projectes folgenden speziellen Bearbeitung macht man tabellarische Verzeichnisse, wie z. B. in „*Vorarbeiten*“ angegeben.

Ueber die Entfernung von nicht feuersicheren Gebäuden vergleiche pag. 22 Regeln Nro. 40.

Flächenrechnung und Cubicirung. Erd. L. XIX. 1—35. — Auch Heus. Ing. I. Band, Richard u. Mackensen. — Trc. L. XIX. 11. Winkler, der Unterbau. — Planimeter, Theorie und Gebrauch. Erd. L. XX. 1—15. — Vrb. L. VIII. 15. — Rechenmaschinen Erd. L. XXI. Thomas und Herrmann.

[1]) *Gewöhnlich übrig bleibende Landstückchen, Absplisse.*

Tit. II.

20. Erd- und Felsarbeiten, auch Futtermauern.

Ermittlung der Erdmassen.

Hiernächst kann man die Erdarbeiten nach den Massen berechnen, wobei (nach Auftragen der Querprofile mit den Gräben, Parallelwegen etc. der Bahnhöfe) vorher die Lage der Linie noch feiner ausgearbeitet und verbessert worden ist. Kommen in letzterem Falle noch erhebliche Verlegungen vor, so stationirt man nicht wieder von vorne, sondern legt, vorerst unter Beibehaltung der Stations-Nummern, kürzere oder längere Stationen ein, am liebsten in Horizontalen, damit man die Coten der Gradiente nicht umzurechnen braucht.

Man benutzt zur Ermittelung der Flächeninhalte (Querprofile) der Dämme und Einschnitte in fast horizontalem oder doch gleichmässig geneigtem Terrain Tabellen (gerechnet oder graphisch dargestellt), oder die sonstigen Methoden der Flächenberechnung *(siehe Lit. der vorgehenden Nro. 19.)*

In coupirtem Terrain berechnet man die Auf- und Abtragsprofile durch Verwandlung der Flächen in Dreiecke oder mit einem Planimeter, und multiplicirt das Mittel aus den Flächen zweier Profile mit ihrer Entfernung, wobei man eine um so grössere Genauigkeit erreicht, je näher die Flächen liegen, wesshalb man genöthigt sein kann, bei sehr veränderlichen Querprofilen z. B. von 10 zu 10 Meter oder auch näher zu rechnen. Wo zwischen 2 Profilen Auf- und Abtrag wechseln, oder in der Form ein anderes Schema eintritt, bestimmt man durch einfache Proportionsrechnung mit Zuhülfenahme des Längenprofils den Uebergangspunkt. Genauere stereometrische Methoden sind bei generellen Vorarbeiten nicht gebräuchlich, manchmal selbst nicht bei speziellen, namentlich dann nicht, wenn man für die practische Ausführung der Erdarbeiten die Quantitäten an Ort und Stelle zu ermitteln sich vorbehält (z. B. bei Regie-Ausführungen). Ueber Mauern sind: „*Stützmauern und Steinbekleidungen*“ zu vergleichen, wo sich auch die Regeln für die Anordnung und für die Berechnung der Dimensionen finden.

Sind die generellen Arbeiten in Preussen einzureichen, so kommen betreffs des Maassstabes die offiziellen Vorschriften vom October 1871 zur Beachtung, wo ebenfalls bestimmt ist, wie das Profil zu zeichnen und was es enthalten muss. Die Tangentenpunkte der Curven werden nach Maassgabe der Radien (die man auf wenigstens 10 Meter in der Länge abrundet) und der Winkel an den Winkelpunkten berechnet, um unter dem Profil das Curvenband auftragen zu können.

Genaue stereometrische Methoden in Winkler: der Unterbau, vergl. auch die vorstehend Tit. I. 19 angegebene Literatur.

Empirische Formeln über in Mörtel gemauerte Stütz-, Futter- und Bekleidungsmauern.

Die Formeln für dieselben, nebst Beispielen von ausgeführten Constructionen und praktischen Regeln für die Ausführung, finden sich in „II. Stützmauern und Steinbekleidungen“ und ersterc auch in „V. Erdarbeiten“ (siehe Literatur am Schluss) und werden hier des Zusammenhanges halber noch ein Mal hergesetzt. Die Dimensionen von Steinbekleidungen finden sich ebenfalls in II. und V., können aber ohne Zeichnung hier nicht verdeutlicht werden. Die nachstehenden Formeln gelten für Mauern mit vorderer Böschung von $^1/_6$, hinten vertical und in Mörtel gemauert. Lagerhaftem Trockenmauerwerk geben Einige $^5/_4$ - $1^1/_2$ der Stärke von Mörtelmauern. Letztere sind stets gehörig durchlässig zu machen.

I. Stützmauern

sind Mauern, welche den Druck von aufgeschüttetem Material auszuhalten haben

a) ohne Erdüberschüttung (also die zu stützende Erde reicht bis zur Krone der Mauer) oder auch mit Ueberschüttung bis $1^m,25$, bei welcher man die Abdeckungsplatten ersparen kann; dagegen rückt dann die Mauer um die Böschungsanlage dieser Ueberschüttung nach ausson.

$$d = 0^m,438 + 0,2\,h$$

für Metermaass, worin bedeuten h die Höhe der Mauer (über dem Fundamentabsatze, wo sie kantet), und d die obere Dicke; wird die Mauer von Kronenhöhe ab mit Steinmaterial hinterpackt, welches oben gleich der Kronenbreite der Mauer stark, nach hinten unter 45 Grad Neigung abfällt, und auf Absätzen des Terrains gut aufruht, so kann ihre Stärke um $\frac{h}{20}$ verringert werden.

b) mit Dammüberschüttung von der Höhe H über der Mauerkrone: (Fig. 1 Taf. 1)

$$d = 0^m,438 + 0,3\,h - 0,1\,h\left(1 - \frac{H}{3\,h}\right)^2;$$

ist die Ueberschüttung gleich 3 Mal Mauerhöhe, so wird, da das dritte Glied nicht positiv werden kann, für diese und höhere Ueberschüttungen

$$d = 0^m,438 + 0,3\,h.$$

Diese Formeln setzen gleichmässiges, trockenes Hinterfüllungsmaterial voraus, welches nicht aufweicht etc. und genügen für jede Böschung desselben von 45 Grad und flacher.

Beispiel. $h = 8^m$; $H = 10^m$

$$d = 0^m,438 + 2,4 - 0,8\left(1 - \frac{10}{24}\right)^2$$
$$= 0,838 - 0,272 = 2^m,556.$$

Wird die Mauer von ihrer Kronenhöhe ab mit Steinmaterial hinterpackt, welche Packung oben die Kronendicke zur Breite erhält und hinten

mit 45 Grad Neigung abfällt, so kann man die Stärke um $\frac{h}{12}$ bis $\frac{h}{18}$ verringern (Fig. 2.). Bei diesen überschütteten Mauern setzt sich die Erd-Böschung auf der Vorderkante der Mauer an, welche desshalb einen Erdhakenstein erhält.

Stützmauern werden nicht unter $0^m,6$ oben stark gemacht, auch wenn die Formel schwächere Werthe ergiebt. Bei nicht ganz lagerhaftem Material genügt diese obere Stärke kaum.

II. Futtermauern

sind Mauern, welche in Ein- und Anschnitten vorkommen, also vor gewachsenem Boden stehen, welcher (sofern keine wasserführenden Rutschflächen vorhanden sind) weniger Schub äussert als angeschütteter Boden hinter Stützmauern.

Solche Futtermauern, welche auf volle Höhe der Einschnitte, oder bis circa $1^m,25$ unter Terrainhöhe aufgeführt werden, erhalten (wenn der Einschnitt nicht im Felsen liegt, welcher nicht schiebt) eine obere Stärke

$$d = 0^m,292 + 0,17\ h;$$

Futtermauern unter ein- oder angeschnittenen Böschungen, also mit Erdüberhöhung, werden stärker gemacht und erhalten, wenn die Böschung bis H über die Krone reicht,

$$d = 0^m,292 + 0,27\ h - 0,1\ h\left(1 - \frac{H}{3\,h}\right)^2$$

Hierbei bestimmt sich H von Kronen-Höhe der Mauer bis zum Schnittpunkte, in welchem eine von der unteren Ecke der Hinterfläche der Mauer, unter 45 Grad gegen den Horizont nach aufwärts gezogene Linie die Oberfläche des abgestützten Plateau's oder die Böschung des Hanges trifft (Fig. 3, Taf. 1). Man kann, um diese Ecke zu bestimmen, geeigneten Falles (bei schrägen Hängen) erst eine Proberechnung machen. Für $H = 3\,h$ oder mehr wird der Gränzwerth

$$d = 0^m,292 + 0,27\ h.$$

Beispiel. $h = 13^m,5$; $H = 10^m$

$$d = 0,292 + 3,645 - 1,35\left(1 - \frac{10}{40,5}\right)^2$$
$$= 3,937 - 0,765 = 3^m,172.$$

Diese Stärken gelten für jedes Böschungsverhältniss des Einschnittes.

Die vortheilhafteste Höhe der Futtermauer im Einschnitte um ein Minimum von Gesammtkosten der Erdarbeit und Kosten der Mauer zu erhalten, findet sich in *„V. Erdarbeiten" Taf. 3, Fig. 23.; auch Erd. L. XXIII. Bräuler.* Aehnliche Rechnungen kommen bei der Frage vor, ob mehr oder weniger hohe Mauern zur Einfassung von Gräben in Einschnitten ökonomisch sind. (*Vergl. V. Erdarb. Taf. 26.*)

Futtermauern bis 1^m Höhe erhalten in keinem Falle eine obere Stärke unter $0^m,5$; Futtermauern von $1^m,5$ Höhe und darüber mit Erdüberhöhungen von $1^m,25$ und darüber, keine geringere Stärke als $0^m,6$; dabei lagerhaftes Mauermaterial vorausgesetzt.

Wasserführende Einschnitte mit Rutschflächen können ohne sorgfältige Entwässerung und Abtrocknung der Rutschflächen, durch Mauern ohne Weiteres nicht gestützt werden. Bei schlechter Beschaffenheit des Einschnittes wird man die Mauer in kleinen Längen, event. unter Ausführung mit Schächten und Stollen und nachherigem Ausgraben des Einschnittes herstellen.

III. Verkleidungs-Mauern

sind solche, welche nur den Zweck haben, sonst festes Gestein vor Verwitterung durch den Einfluss von Feuchtigkeit und der Atmosphäre zu schützen und die daher keinen Schub auszuhalten haben. Sie werden desshalb erheblich schwächer als Futtermauern und erhalten folgende Dimensionen, wobei sie vorn mit $^1/_6$ geböscht sind.

Bis 2^m Höhe eine Stärke von $0^m,4$ von unten bis oben (parallel mit der vorderen Böschung); von 2 bis 6^m eine Stärke von $0^m,60$ desgl.; über 6^m Höhe die obere Stärke $0^m,70$, die untere $0^m,70 + \frac{h}{10}$.

Das Weitere findet sich in den oben citirten Quellen II. und V., woselbst auch über Steinkegel, Steindämme, Steinbekleidungen, Uferbefestigungen etc. nachzulesen ist. Zu vergleichen ist auch das Schema in *V. Taf. 31, Fig. I. oder II. Tafel L. III.*, wo gezeigt ist, wie, je nach Neigung der Abhänge, von Steinbekleidungen zu Mauern übergegangen wird.[1])

21. Disposition der Erdtransporte.

Die Disposition über die Erdtransporte macht man in tabellarischer Form, nach einer der gebräuchlichen Methoden, event. mit Anwendung oder doch Zugrundelegung des Massennivellements. Man berücksichtigt schon bei Bestimmung der Gradienten, dass man möglichst wenig mit Steigung transportiren muss. Die Berechnung der Böschungsflächen wird ebenfalls in Tabellen zusammengestellt.

Erdarbeiten im Allgemeinen, Erd. L. I. 1—7. Beschreibung von Erdarbeits-Ausführungen, Erd. L. I. 11—15. Gewinnung und Transport, Erd. L. III. 1—17. Disposition Erd. 8. Massennivellement Erd. 9 u. 10; auch Erd. Lit. IV. 1—10. Ueber Tabellen für Böschungen etc. vergl. Vrb. Text, pag. 23—24. — Planimeter Vrb. L. VIII. 15, auch Erd. L. XX. — Rechenmaschinen, Erd. Lit. XXI. Methoden mit Maassstäben zum directen Abgreifen aus dem Längenprofil. Heus. Ing. Band I., auch Vrb. Text pag. 6, auch Heusing. Kal. 1877. XXIV. Erd- und Böschungs-Arbeiten pag. 101. — Erdarbeiten auch in Bauhandbuch 1877. C. pag. 153 van Oberbeck.

[1]) *Ueber Futtermauern Lit. im Texte zu Stz., auch Vrb. L. XVIII. 32 bis 36. Erd. L. XXVIII. 1—.*

Tit. III.

22. Unterhaltung der Bahn während der Bauzeit und des ersten Betriebsjahres.

Hierfür wird, je nach der Schwierigkeit, eine runde Summe pro Meile gesetzt. Vergl. *Angaben in Heusinger's Eisenbahnkalender, XXIX., und dessen Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, I. Band. Vorarbeiten von Richard und Mackensen. -- Consolidation und Assainissement bedrohter oder eingestürzter Böschungen. Erd. L. XXVII. 1—47.*

Tit. IV.

23. Einfriedigungen.

Einfriedigungen (mit Berücksichtigung der bestehenden Vorschriften in den „Vereinbarungen") veranschlagt man beiderseitig für die Wege-Rampen und vorerst etwa für die halbe Länge der Bahn (oder, was dasselbe, die eine Seite auf der ganzen Länge) und macht sie jedenfalls an tiefen Einschnitten, wo Wege an Rande hinführen, bei Parallelwegen, die in gleichem Niveau mit der Bahn oder höher liegen (zweckmässig auch bei denen, die nicht wenigstens $1^m,5$ tiefer liegen, weil hierbei noch Zugthiere auf die Bahn gelangen können). Meistens stellt man die Einfriedigung auf die Mitte des Schutz- oder Sicherheitsstreifens *(vergl. Ueb. 23, 24 u. 25). Gesetzliche Vorschriften in verschiedenen Ländern. Vergl. Heus. Ing. I. pag. 188 etc.*

Stellen, wo Einfriedigungen nicht entbehrt werden können, sind z. B. die Bahnhöfe; zwischen der Bahn und den in gleicher Höhe oder höher liegenden Parallelwegen; die Rampen der Wegeübergänge; an Wiesen, Weiden und Aeckern wo Vieh weidet, oder welche auch vor Anlage der Bahn geschlossen eingefriedigt waren. Endlich an tiefen Einschnitten gegen das Herabfallen von Menschen und Vieh.

An der Venlo-Hamburger Bahn wurden, mit Ausnahme kurzer Strecken an der Stadtseite der Bahnhöfe, die Einfriedigungen sämmtlich als lebende Hecken, nach der Bodenbeschaffenheit aus Weissdorn, Hainbuchen oder Weidenpflanzungen hergestellt, neben welchen zum Schutze bis zur Wehrbarkeit der Hecken, hölzerne Zäune aus eingegrabenen Pfosten mit horizontalen Drähten oder Latten, oder auch als Netzzäune aus dünnen kreuzweise gestellten Spriegeln angebracht worden sind.

Einfriedigungen Ueb. 23., vergl. auch Erd. Lit. XXIX. Bepflanzung von Böschungen und Ausgrabungen. — Auch in deutsch. Bauhandbuch, Planübergänge.

Tit. V.

24. Wegeübergänge, einschliesslich der Unter- und Ueberführungen von Wegen nebst allem Zubehör.

Anordnung derselben.

An den frequenten Wegeübergängen im Niveau (falls man solche überhaupt ausführt) projectirt man einen Wärter, welcher eventuell ausser seiner Local-Barrière zwei Distanz-Barrièren (eine nach rechts, eine nach links) bedienen kann. Die Barrièren kommen in Preussen wenigstens 12 Fuss = 3m,77 von der Mitte des nächsten Gleises, die Wärter-Wohnhäuser oder Wärterwachthäuser und die optischen Telegraphen (wo solche vorhanden) setzt man gern abwechselnd rechts und links der Bahn, damit sie sich nicht decken, und steckt die Telegraphen vorher mit Strohwischen aus. *Ueber Steigung und Breite der Rampen, Rampen-Canäle, Oberbau und Befestigung der Wege auf der Bahn, Wald und Anordnung der Barrièren vergl. Ueberdruckzeichnungen 24 und 25.* Für jede Bahn pflegen Normalien zu bestehen.

Zur genaueren Bestimmung der Wärterplätze macht man einen Wärter-Dienst-Plan, wobei man die Praxis beobachtet, dass Drahtzug-Barrièren nicht über 600m vom Wärter, der sie von seinem Standpunkte übersehen muss, entfernt sein dürfen (in Curven wegen der Reibung des Drahtzuges näher), ferner dass die Maximalentfernung optischer Telegraphen je nach dem Hintergrunde etc. zu 12—1500 Meter angenommen werden kann. Man pflegt jetzt, im Interesse des Dienstes, jedem Wärter Dienstwohnungen zu geben, auch wenn er einem Orte, wo Wohnungen zu haben, nahe postirt ist. (Vergl. einen solchen Plan in Vorarb.)

Durchschnittlich rechnet man bei Hauptbahnen auf einen Kilometer Bahn einen Wärter, welcher nach Maassgabe eines ausgearbeiteten Wärterdienstplanes placirt wird. Eine annähernd gleichmässige Vertheilung der Wärter, wenn die Bedienung der Wegeübergänge dies zulässt, ist erwünscht. Jeder Wärter erhält ein Wohnhaus oder auch 2 Wärter erhalten ein Doppelwohnhaus.

An denjenigen Strecken von Gebirgsbahnen, welche dem Schneefalle in grösserem Maasse ausgesetzt sind, oder welche durch Steinstürze, Murgänge, Lawinen oder andere Unbilden des Hochgebirges bedroht erscheinen, sollen die Wachthäuser wohl auch nur in solchen Abständen, aber jedenfalls für zwei Wächter hergestellt werden, weil ein einzelner Mann solchen elementaren Vorfällen gegenüber leicht in eine hilflose Lage gerathen könnte und auch ausser Stande sein würde, plötzlich eintretende Hindernisse allein zu bewältigen. In diesen Doppelwärterhäusern ist auch bei der Gotthardbahn eine Kaserne für die Unterbringung von Hilfsarbeitern in Fällen länger dauernder Störungen, sowie ein Magazin zur Aufbewahrung von Arbeits- und Hilfswerkzeugen vorgeschrieben. Bei der Gotthardbahn sollen zwischen je zwei Wärterhäusern, namentlich in den scharfen Bahnkrümmungen und an den Tunnels, isolirte Glockenstationen für das Avertissement der Arbeiter auf der Strecke angebracht werden.

Wärterhäuser in Heus. Spec. Band I. — Im deutschen Bauhandbuche, Eisenbahnbau pag. 298—305 ausführlich mit Kosten-Angaben; daselbst auch Abtheilungszeichen.

Um einen Wegübergang im Niveau zu vermeiden, kann man, je nach der zulässigen Steigung des Weges, denselben über die Bahn heben und eine Wegüberführung durch Ueberbrückung machen (unter welcher das Normalprofil des lichten Raumes, welches je nach der Spurweite der Bahn festgestellt ist, durchgeht), oder den Weg senken und eine Wegeunterführung machen, wobei also die Bahn mit einer Brücke über den Weg geführt wird. Man kann aber auch, falls der Weg die ganze erforderliche Höherlegung oder Tieferlegung nicht zulässt, die Bahnkrone durch Veränderung oder Verschiebung der Gradiente mehr oder weniger tiefer oder höher legen. Ueber die zweckmässigste Construction entscheiden Kostenvergleichungen, mit Berücksichtigung der Vergütung, welche die Berechtigten wegen einer erheblichen Veränderung des Weges, die ihnen event. Inconvenienzen verursacht, zu fordern berechtigt sind.

Hat die Herstellung der erforderlichen Höhendifferenzen Schwierigkeiten, so ist man am ersten auf eiserne Bahnbrücken resp. hölzerne Wegebrücken angewiesen. Bei secundären Bahnen sind auch hölzerne Bahnbrücken (namentlich von imprägnirtem Holze) zulässig.

Hölzerne Brücken, Ueb. 32, welche sich für Wegebrücken und secund. Bahnen eignen. Auch in v. Kaven, Wegebrücken, Brückthore etc., Beispiele.

Parallelwege macht man meistens 5, selten 8 Meter breit, häufig so breit wie der breiteste Weg, den sie ersetzen sollen, und statt der Parallelwegsbrücken, welche einfach (oft in Holz) zu construiren, kommt man manchmal mit gepflasterten Mulden aus. Zwischen Parallelweg und Bahn ist fast immer der Bahngraben, und aussen am Parallelwege ist häufig, um für Entwässerung zu sorgen (z. B. des Wassers aus Ackerfurchen), ebenfalls ein kleiner Graben. Bei Parallelwegen kann man zuweilen den Sicherheitsstreifen ersparen.

Bei Parallelführungen von Chausseen kommen die bestehenden Vorschriften (vergl. Circular-Verfügung vom 17. Mai 1871) in Anwendung.

Wege-Unter- und Ueberführungen werden betreffs der Construction wie die Brücken behandelt und je nach der disponiblen Höhe von Eisen (bei Ueberführungen ist auch bei Hauptbahnen Holz zulässig) oder massiv. *Vergl. für Specialitäten: Ueber die Construction von Wegebrücken über der Bahn, Brückthoren unter der Bahn und Rampencanälen von v. Kaven, Zeitschr. des hann. Arch.- und Ing.-Vereins XV. 1869, auch als besonderer Abdruck bei Schmorl & v. Seefeld in Hannover, (worin auch specieller Anschlag eines Plattencanals und einer massiven Brücke). Auch Heus. Spec. Band I., 1877, worin auch ausführliche theoretische Behandlung dieser Constructionen von Osthoff.*

Construction der Wege-Anlagen.

Die Construction der Wegeübergänge, Barrièren und Einfriedigungen ist auf den übergedruckten Blättern, Verz. Nr. 24 und 25 dargestellt.

Bei öffentlichen Wegen kommt in Preussen die Circular-Verfügung vom 17. Mai 1871 in Anwendung.

Die Circular-Verfügung schreibt vor, dass bei einem Radius der Mittellinie der Strasse (Chaussee, Landstrasse), unter 75 Meter, eine Verbreiterung der Steinbahn stattfinden solle. Als Maximalsteigung soll sein a) in gebirgigen Gegenden 5 Procent, b) im Hügellande 4 Procent, c) im Flachlande 2,5 Procent. Diese Vorschriften gelten für (öffentliche) Kunststrassen.

Als Minimalradien für Chausseen rechnet man wohl 50 bis 30 Meter, für Land- oder Communalwege 25—15 Meter, für Feld- und Wirthschaftswege 10—6 Meter, für Waldwege, auf welchen Langholz abzufahren ist, nicht unter 30 Meter.

Bei der Venlo-Hamburger Bahn war vorgeschrieben (1867 von Funk) für Wegeüberführungen im Niveau:

1) Chausseen sind in der Regel in ganzer Breite überzuführen, doch nicht über $9^{m},30$;
2) Communalwege, welche Ortschaften verbinden, in der Breite von $5^{m},60$ bis $7^{m},50$;
3) Wirthschaftswege in den Feldern, in der Breite von $3^{m},70$—$5^{m},60$;
4) Wo die Wege sub 2 und 3 zur Trift von Viehheerden dienen oder besondere Ueberfahrten als Triften anzulegen sind, ist die Breite derselben nach der Grösse der Heerden zu $5^{m},0$ bis 10^{m} zu bestimmen.
5) Besondere Uebergänge für Fussgänger und Schiebkarren sind zu $1^{m},25$ Breite anzunehmen.

Die Ansteigung der Rampen ist bei Chausseen, Landstrassen und Communalwegen in flachen Gegenden zu $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{40}$, in gebirgigem Terrain zu $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{30}$, bei Feldwegen und Triften zu $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{24}$ in flachem Terrain und zu $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$ in gebirgigem Terrain anzunehmen.

In der frühern hannoverschen Instruction hatte man, je nach der Wichtigkeit des Weges gewisse Breiten und Steigungen in bestimmten Abstufungen angenommen, um keine zu grosse Verschiedenheiten in der Weite der Barrièren und der Breite des befestigten Oberbaus auf der Bahn zu haben, z. B.

Kronen-Breite des Weges zwischen den Einfriedigungen.

Fuss hannov.	4	6	8	12	18	24	32	40
rund Meter	1,2	1,8	2,4	3,6	5,2	7,0	9,2	11,6
Steigung	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{32}$	bis	$\frac{1}{40}$

wobei die Steigungen nicht durchaus zu den Breiten gehören, aber nach der Wichtigkeit des Weges, welche durch seine Breite ausgedrückt erscheint, doch dazu passen. Man wird jetzt diese Maassen auf halbe Meter resp. Meter abrunden.

Bei Chausseen und öffentlichen Wegen führt man, wenn solche in unmittelbarer Nähe der Stadt liegen, wohl die beiden Bankette (Fussgänger- und Materialien-Bankett) mit über, in andern Fällen nur das Fussgängerbankett und Steinbahn und Sommerweg, zuweilen nur die (dann

zum Passiren von 2 Fuhrwerken[1]) wenigstens) erbreiterte Steinbahn. Bei Landwegen sucht man ein Minimum von Breite der Rampen resp. der Pflasterung mit den Interessenten zu vereinbaren. Ausserhalb der Einfriedigung der Rampen setzt man, damit die Hecke gut wachse, $0^m,3$ bis $0^m,5$ an Breite der Rampe zu. Bei $1^1/_2$ maliger Anlage der Bahnböschungen genügen meistens die von derselben Bodenart geschütteten Rampen mit $^5/_4$ maliger Anlage.

Die Richtung der Rampen ist meist der des alten Weges entsprechend. Nur wenn der alte Weg in der Nähe der Bahn eine starke Krümmung macht, oder wenn die Bahn spitzer als 45 Grad überschnitten wird, oder durch Verlegung des Weges günstigere Terrainverhältnisse (weniger Erdarbeiten) zu erreichen, oder kostspielige Grunderwerbungen (wegen hoher Böschungen) zu vermeiden, wird man von der Richtung des alten Weges abweichen.

Zuweilen ist auch eine Verlegung resp. Verlängerung des alten Weges erforderlich, um bei Höhenveränderung desselben die gewünschte Steigung nicht zu überschreiten. Selbstredend muss man bei Bahnen, die später zweigleisig werden können, die Rampen so anordnen, dass sie für 2-gleisige Bahn, ohne nachgeschüttet zu werden, passen.

Durch Umleitung von überzuführenden oder unterzuführenden Wegen bis an die Stelle, wo die Tiefe des Einschnittes resp. Höhe des Dammes eben noch die Anlage einer Brücke gestatten, kann man das Bauwerk auf ein Minimum herabziehen. Sind Uebergänge im Niveau gestattet, so kann man den Weg bis an die Stelle, wo Einschnitt in Damm übergeht, neben der Bahn her und dann im Niveau überführen. *(Tracirен Taf. V. Fig. 44 und 45.)* Die Inconvenienz des Umweges muss den Interessenten vergütet werden. Eine solche Anordnung verlangt oft einen Bahnwärter mehr, den man bei Ueber- oder Unterführungen sparen kann. Die jährlichen Kosten desselben müssen bei Vergleichung capitalisirt werden, event. kommen die Kosten seiner Wohnung und der Barrière hinzu. *Entschädigung für Umwege. Vrb. L. VIII. 10 u. 11.*

Eine Ueberschneidung der Bahn unter 30 Grad wird zwar noch für zulässig gehalten, doch kann man sie durch entsprechende Krümmung des Weges vor und nach dem Uebergange häufig vermeiden.

Rampen für Fusswege und Karronwege kann man häufig in die Einschnitts- oder Dammböschungen legen und zwar so schräg gegen die Richtung der Bahn, dass das verlangte Gefälle sich ergiebt.

Bei schräg gegen die Bahnachse gerichteten Rampen beginnt die Steigung erst von der durch den Scheitel des stumpfen Winkels quer über die Rampe gezogenen Normalen. Bei Wegen von einiger Bedeutung macht man an beiden Seiten der Bahn eine fast horizontale (wegen des Wasserabflusses etwas geneigte) Strecke von 8 bis 12^m Länge, von der Bahnkante ab gemessen, damit ein bespanntes Fuhrwerk bei geschlossener Barrière bequem halten und wieder in Gang kommen könne; von hier beginnt dann die zulässige Maximal-Steigung.

---

[1]) Nach Osthoff. Heus. Spec. I. 1877 pag. 528 sind Ernte-Wagen im Max. $2^m,8$ breit und $3^m,2$ hoch. Die breitesten unbeladenen Wagen haben eine Breite von $1^m,7$. Ein Fuhrmann, welcher neben dem Wagen hergeht, braucht $0^m,7$ Raum. Ein Spaziergänger braucht $0^m,7$ Fusswegbreite.

Einschnittsrampen, welche so tief sind, dass der Fuhrmann die Bahn nicht übersehen kann, sucht man zu vermeiden, am meisten an Stellen, wo die Bahn in der Curve liegt.

Die Befestigung der Fahrbahn der Rampen entspricht meistens der des alten Weges. Die Breite der Pflasterung oder sonstiger Befestigung des Weges auf dem Bahnkörper selbst, in der Richtung der Bahn, sucht man bei nicht sehr frequenten Wegen einzuschränken und geringer zu machen, als die der Befestigung auf den Rampen selbst, da zwei Fuhrwerke auf dem Bahndamm selbst nicht neben einander passiren zu können brauchen. Die Barrièren erhalten dann zur Weite zwischen den Prellpfählen die Breite der Befestigung auf dem Bahnkörper, so dass die Lichtweite der Barrièrenpfosten gleich dieser Breite plus etwa $0^m,75$ ist. In Preussen ist eine Entfernung der Barrièren von wenigstens 12 Fuss preuss. = $3^m,77$ von der Mitte des nächsten Gleises vorgeschrieben.

Rampen-Canäle werden von Mauerwerk mit Stichbogen oder Platten überdeckt, runden, gemauerten Röhren, Cementröhren, halbkreisförmigen Ziegeln, Thonröhren, Holzlutten etc. hergestellt und sie sind von $0^m,16$ bis etwa $0^m,66$ meistens genügend. Bei denen von viereckigem Querschnitt nimmt man meistens die Höhe etwas grösser als die Weite. Unter hohen Rampen muss man sichere Constructionen (keine Thonröhren und schwache halbkreisförmige Ziegel) wählen. Durch Umführung des Bahn-Grabens bis in die Nähe des Fusses der (Auftrags-) Rampe, wo der Canal noch wenigstens mit Oberkante-Abdeckung $0^m,3$ bis $0^m,5$ unter Wege-Oberkante liegt, kann man die Länge der Rampen-Canäle beträchtlich vermindern. Bei untergeordneten Wegen kann man sie durch gepflasterte Mulden, in denen also das Wasser über den Fuss der Rampe läuft, ersetzen.

Vergl. Rampen-Canäle Ueb. 27. — Auch deutsch. Bauhandbuch, Eisenbahnbau, Plan-Uebergänge pag. 275 mit Zeichnungen und Massenangaben.

Als die geringsten Dimensionen bekriechbarer Canäle (halbkreisförmig überwölbt) werden (bei den Entwässerungs-Canälen in London) $0^m,557$ bis $0^m,6$ Breite und $0^m,70$ bis $0^m,76$ Höhe bis zum inneren Gewölbscheitel angesehen. Nach der preuss. Circular-Verfügung vom 17. Mai 1871 soll kein Durchlass unter dem Strassenkörper weniger als $0^m,5$ lichte Weite und Höhe erhalten. Grössere Weiten sind nach $\frac{1}{10}$ Meter abgerundet zu bemessen. Werden Röhren angelegt, so darf der innere Durchmesser nicht unter $0^m,25$ betragen, auch muss der Röhrenstrang in gerader Linie liegen.

Für Wegeunterführungen sind auf den preussischen Bahnen folgende Weiten und Höhen (letztere muss bei gewölbten Brücken auf wenigstens etwa $1^1/_2$ Meter Breite zu jeder Seite der Mitte des Weges vorhanden sein) bisher üblich gewesen. Die angegebenen Minimalradien, wenn die Wege gegen die Bahn gekrümmt werden, um schiefe Brücken zu vermeiden, hält v. Nördling für zulässig, wobei aber Wege, wo Langholztransporte vorkommen (namentlich wenn mit Einschnittsrampen), besondere Untersuchung betreffs des kleinsten Radius erfordern.

Vergl. über Wegecurven für Langholztransporte: Döhnert im Civil-Ingenieur 1871. pag. 103.

Wegeunterführungen auf ausgeführten preussischen Bahnen.

	Lichte Weite. Fuss preuss.	Meter.	Höhe. Fuss.	Meter.	Radien der Wege in Mitte der Fahrbahn. Meter.
Feldwege. . . .	12	3,77	12	3,77	bis 6 herab
Dorfstrassen. . .	13—15	4,08—4,71	14	4,40	„ 10 „
Communalstrassen	15—18	4,71—5,65	15	4,71	15—10
Chausseen . . .	18—24	5,65—7,54	15—16	4,71 bis 5,02	15 bis 30m

Für jeden Fall wird mit den Interessenten resp. Behörden (landespolizeiliche Prüfung) verhandelt. Nach Verfügung des preuss. Ministoriums vom 27. December 1873 ist neuerdings die Minimalbreite der Wege-Unter- und Ueberführungen auf $4^m,5$ festgesetzt.

Richard und Mackensen (Handbuch der Ingenieurwissenschaft von Heusinger, I. Band. 1877 pag. 87) geben an: Die Höhe der Wegeunterführungen richtet sich nach der Höhe der beladenen Wagen, in der Regel ist dieselbe für Wirthschaftswege zu $2^m,3$ bis $3^m,7$, für öffentliche Wege zu $3^m,7$ bis $4^m,5$ und für Landstrassen zu $4^m,5$ zu nehmen, wobei zu bemerken ist, dass diese Maassen nur für gerade Träger gelten. Bei Gewölben ist im Scheitel $0^m,5$ zuzuschlagen.

Die Brücken für Wegeüberführungen erhalten gewöhnlich die für die Unterführungen geltende Lichtweite zur lichten Weite zwischen den Geländern. Das Normalprofil des lichten Raumes der unter ihnen liegenden Bahn muss unter der Wege-Brücke frei durchgehen.

Die in Frankreich und der Schweiz für verschiedene Kategorien von Wegeüberführungen und Unterführungen vorgeschriebenen Höhen- und Breiten-Maassen finden sich in „v. Kaven, Wegebrücken, Brückthore etc.“, auch in „Housingers Handbuch für Eisenbahn-Technik“ Band I, 1877 Construction von Wegebrücken etc. angegeben.

Tit. VI.

25. Durchlässe und kleinere Brücken bis zu 10 Meter lichter Weite

und

Tit. VII.

26. Grössere Brücken.

Für die kleinen Brücken werden meistens Normalien entworfen. *(Ueb. 27 und Ueb. 28, Venlo-Hamburg), auch Ueb. 27 Normaldurchlässe: Trc. L. XVII. 10 Wilke, 11 Henz, 12 Villevert, 13 Grover. — Vrb. L. XVII. 21 Wulff, 22 Bauer — für Chausseen und Wege vergl. Trc. L. XVII. 3.*

Für coupirtes Terrain sind die Beispiele der Brenner Bahn *(Dsp. 12 bis 17)* und ausführlich: *Etzel, österreichische Eisenbahnen, ausgeführt und entworfen in den Jahren 1857/58* nachzusehen, eben so *Hellwag, Eisenbahnbau-Normalien für die österreichische Nordwestbahn. Wien 1875.*

Für die Veranschlagung bei generellen Projecten nach Einheitspreisen *B. Osnabrück-Harburger Bahn*, und für die Herstellung solcher Einheitspreise *B. Bahn von Hamburg nach Harburg*, welche Angaben je nach Localität und Preis zu modificiren.

Für sonstige Angaben Heus. Kalender XXV. Brücken und Viaducte, auch Heus. Ingen.-Wissenschaft. 1. Vorarbeiten von Richard und Mackensen. — Durchlässe und kleinere Brücken, Bauhandbuch 1877 Eisenbahnbau pag. 312 etc. — Normalien der hannoverschen Eisenbahnen, mit Angabe der Quantitäten von Durchlässen 1—5 Meter weit in deutsch. Bauhandbuch 1877. Eisenbahnbau pag. 321 etc. — Angaben über eiserne Brücken, auch deren Gewichte nach Ausführungen, deutsch. Bauhandbuch 1877 Eisenbahnbau pag. 338 etc. Tabelle pag. 344 für Brücken bis 10 Meter weit.

Grössere Brücken projectirt man nach den Regeln des Brückenbaues und erwägt sorgfältig die Wahl des Materials zu dem Oberbau und zu den Pfeilern.

Trc. L. XVII. 9. Nördling, piles etc., auch v. Kaven, Wegebau, II. Aufl. 1870, pag. 507—515. — Auch Vrb. L. XVII. 20. Meyer.

Für secundäre Bahnen sind hölzerne Brücken zulässig, deren Holz man durch Imprägniren grössere Dauer verleihen kann.

Hölzerne Brücken, Heinzerling, Brücken der Gegenwart. 3. Abth. — v. Kaven, Wegebrücken, Brückthore etc. — Ueb. 32.

Quellen zur Hülfe beim Projectiren und Angabe von Literatur in „Collectaneen aus der Literatur betreffend Projectirung und Bau schmiedeeiserner Brücken und dabei vorkommender Fragen und Gegenstände, Fundirungen besonders mit Hilfe des Schmiedeisens und Gusseisens pp." von v. Kaven, Hannover 1863. Zahlreiche Beispiele in Heinzerling's Schriften: übersichtlich in „die Brücken in Eisen, Leipzig 1870" und Details über kleine und grosse eiserne und steinerne Brücken in „die Brücken der Gegenwart" mit Dimensions- und Gewichtsberechnungen, auch Kosten-Anschlägen etc. Ueber die Wahl des Materials und Vorzüge und Nachtheile des einen oder anderen, vergl. v. Kaven „der Wegebau, 2. Auflage 1870 p. 507 etc." und über Vorarbeiten und Bearbeitung des Brückenprojectes und die dabei vorkommenden Schriftstücke und Zeichnungen daselbst pag. 513 etc.

1. Anordnung der Brücken.

Für die Ermittelungen der Wasser- und Vorfluthverhältnisse siehe *Vorarbeiten pag. 18.* Die Bestimmung der Durchflussweite geschieht, je nach den vorhandenen Daten, oder denen, die man sich verschaffen kann:

1. Nach Maassgabe der ermittelten Dimensionen des Bachschlauchos bei Hochwasser.

2. Nach Maassgabe von oberhalb und unterhalb der Bahn vorhandenen Brücken, deren Weite genügte.
3. Aus dem Niederschlagsgebiete, der angenommenen Regenhöhe und der erkundigten Dauer einer Anschwellung.
4. Aus Vergleichung des Niederschlags-Gebietes mit dem Niederschlagsgebiete in der Nähe gelegener ähnlich situirter Brücken.
5. Bestimmung mit Hülfe directer Messungen und Anwendung von Formeln (Eytelwein, Ganguillet und Kutter, Bazin etc.), welche die Abhängigkeit der Geschwindigkeit vom Gefälle, dem Querschnitt und Wasserperimeter angeben.

Ad 1—5 vergleiche v. Kaven, der Wegebau, oder auch Civil-Ingenieur 1866 pag. 135 u. 391. Bestimmung v. Brückenweiten. — Trc. L. XVII. u. Vrb. L. XVII. desgl.

Die Vorarbeiten bei kleineren Brücken erstrecken sich meistens auf folgende Ermittelungen oder einen Theil derselben.

a) Querprofil des Gewässers in der Durchschnittslinie der Strasse oder Bahn. Angabe des höchsten, mittleren und niedrigsten Wasserstandes, Höhe des Terrains, Beschaffenheit des Untergrundes und der Bachsohle.

b) Ermittelung des Niederschlagsgebietes aus mit Horizontalcurven oder Bergstrichen versehenen Karten in $\frac{1}{50000}$ bis $\frac{1}{100000}$ und event. Erkundigung der Dauer des Verlaufes der höchsten Anschwellung. *Veränderung resp. Wachsen des Hochwassers durch Entwaldung, Cultur etc. Vrb. L. XVII. 10—15.*

c) Längenprofil der Strasse oder Bahn an der Stelle der Ueberschreitung (Höhe des Strassenplanums oder der Schienenunterkante, und Angabe des Winkels, unter welchem sich Strasse und Bach schneiden).

d) Gefälle des Wasserlaufes auf genügende Länge oberhalb und unterhalb des Ueberganges, um die regulirte Sohle zeichnen zu können, unter welcher man die Sohle des Wasserlaufes in der Brücke zur Sicherheit $0^m,1$ bis $0^m,3$ zu legen pflegt. Untersuchung, ob der Hochwasserstand des Recipienten, wohinein der Bach fliesst, (Fluss etc.) auf das Gefälle desselben bei Hochwasser Einfluss übt.

Die Minimalhöhenlage der Strasse oder Bahn beim Uebergange ist durch das Hochwasser bedingt, oder durch die Bedingung bei Haupt-Eisenbahnen, dass nahe liegende Communicationen (Chausseen, Eisenbahnen) nicht im Niveau überschritten werden dürfen. Die zweckmässige Ausgleichung der Erdarbeiten kann dann noch grössere Höhe ergeben.

Bei grösseren Brücken kommen noch die Forderungen hinzu, dass die Kämpferfuge bei massiven Stichbogen-Brücken wenigstens auf Hochwasser — (bei Halbkreisbögen ist das Hochwasser, wenn kein Eisgang, bis $^1/_3$ des Halbmessers über dem Kämpfer zulässig) — bei eisernen die Unterkante Träger, bei hölzernen die am tiefsten hinabreichenden Constructionstheile wenigstens $0^m,6$ bis $1^m,00$ über dem höchsten Hochwasser liegen.

Bei kleinen massiven Brücken, Durchlässen, Canälen, (namentlich zur Vermittlung des Zutritts des Hochwassers in durch die Bahn vom Flusse getrennten Niederungen, zur Ent- und Bewässerung, in Wasserläufen, die kein Eis, kein Holz und

Geschiebe führen, wo überhaupt keine erhebliche Geschwindigkeit des Durchflusses und wo Verstopfungen nicht zu fürchten) kann man das Bauwerk bei Hochwasser ganz untertauchen lassen, bei übrigens gehöriger Sicherung der Dammböschung in der Umgebung des Bauwerks.

Andere Bedingungen erwachsen aus den Bedürfnissen der Schifffahrt (Canalschiffe, Dampfschiffe mit Schornstein etc.). Endlich handelt es sich bei solchen Brücken darum, wie die ermittelte Gesammtöffnung in einzelne Oeffnungen zu theilen sei, damit die Gesammtkosten (der Pfeiler und des Oberbaues) ein Minimum werden. *(v. Kaven, Zeitschrift des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins XIV. 1868. pag. 401—415, auch Laissle u. Schübler, Bau der Brückenträger 1871, pag. 104.)*

Anmerkung. 1. Bei einem von Schiffen mit niedergelegten Masten befahrenen Gewässer muss als Minimalhöhe vom Wasserspiegel bis zur Unterkante eines Brückenträgers, bei Flüssen etwas mehr als bei Canälen angenommen werden, weil bei letzteren das Schiff ruhig durchgeführt werden kann. Auf dem Rhein ist *(Zeitschrift für Bauwesen v. Erbkam 1865 pag. 390)* für Brückenunterkante eine Höhe von 9 Meter über dem höchsten schiffbaren Wasserstande festgestellt; auf den Canälen zwischen Elbe, Oder und Weichsel 8 Fuss (2m,51) als Minimum, 8—10 Fuss (2m,5—3m,1) als Regel, und für den Rhein-Weser-Canal, wegen der 13 Fuss (4m,03) betragenden Höhe der Rheinschiffe, 14 Fuss (4m,34) freie Höhe.

Nach Bauernfeind's „Vorlegeblätter für Brückenbau" erfordert der Flössverkehr ein Rechteck über Wasser von 10m Breite und 3—4m Höhe, doch ist diese Breite für manche Flüsse viel zu gering; Räder-Dampfschiffe 15m Breite bei 6m Höhe über höchstem Schiffahrts-Wasserstand, Dampfschiffe auf dem Rhein bei lebhafter Frequenz 100m Breite und 10m Nutzhöhe. Bei der Brittania-Brücke wurde ein freier Raum von 450 Fuss engl. (137m,15) und 150 Fuss (46m,5) Höhe gefordert. Bei dem Project einer Brücke über die Elbe bei Altona 500 Fuss preuss. Weite (155m) und 180 Fuss (55m,80) Höhe. Letztere beiden Fälle für Seeschiffe (Segelschiffe), welche die Masten etwas einziehen können.

Derartige Höhen werden besonders vereinbart und Flussschiffe müssen sich einrichten, die Masten (resp. die Schornsteine) niederlegen zu können. Für die Masten finden sich oberhalb und unterhalb der Brücke Krähne zum Niederlegen angebracht, falls sich solche Vorrichtungen auf den Schiffen selbst nicht finden.

Anmerkung 2. Bedeuten L die Gesammtweite der mit Eisenconstruction (Parallelträger) zu überbrückenden Lichtweite in Metern, k den Preis pro Kilogramm Schmiedeeisen der Brücke, P den Preis eines Zwischenpfeilers, beides in Mark, endlich x die Anzahl Oeffnungen, für welche die Gesammtkosten ein Minimum werden, so ist nach v. Kaven (a. a. O.)

$$x = L\left(0{,}004376 + 4{,}58\sqrt{\frac{k}{P}}\right)$$

und nach Laissle und Schübler, sehr nahe

$$x = L\left(6\sqrt{\frac{k}{P}}\right)$$

Beispiel. Die zu überbrückende Lichtweite L betrage 600 Meter, ein Wasserpfeiler (Mittelpfeiler) sei veranschlagt zu P = 150000 Mark, der Centner Schmiedeeisen zu 25 Mark, also das Kilogramm zu k = 0,5 Mark, so ist

$$x = 600\left(0{,}004376 + 4{,}58\sqrt{\frac{0{,}5}{150000}}\right)$$
$$= 600\ (0{,}004376 + 0{,}00836) = 7{,}642$$

also sind 8 Oeffnungen jede zu 75 Meter anzulegen.

2) Angaben von Köstlin[1]) zur Ermittelung der Durchflussweite kleinerer Brücken aus dem Niederschlags-Gebiete.

Um bei Ermittelung der Wassermenge aus dem Niederschlagsgebiete einen einfachen und praktischen Weg zu gehen — dessen Resultate auf Genauigkeit keinen Anspruch machen, aber genügt haben sollen — nimmt Köstlin an, dass, wie bei der österreichischen Staatseisenbahn im Banate beobachtet wurde, während 10 Minuten bei einem Wolkenbruche 0,016 Millimeter Regenhöhe pro Secunde vorkam. Nimmt man an, dass in bergigen Gegenden, auf steiler, wenig bewachsener Oberfläche, die Hälfte hiervon zum Abfluss kommt (während man bei Acker, Haideland und stark bewaldetem Terrain bis zu $^1/_4$ wird herunter gehen können), so hat man 0,008 Millimeter Höhe pro Secunde, also pro □ Kilometer = 1 Million Quadratmeter, 8 Cubikmeter pro Secunde.

Da aber ein solcher Wolkenbruch nur eine kleine Ausdehnung hat, so muss man, wenn das Niederschlagsgebiet einen grösseren Durchmesser oder grössere Thalrinnenlänge hat, für die Einheit der Fläche des Niederschlagsgebietes um so weniger Niederschlagshöhe setzen.

Köstlin setzt daher pro Secunde und □ Kilometer, wie es scheint jedenfalls reichlich:

bei einer Thalrinnenlänge von < 4 Kilom. . . . 8 Cubikmeter,
„ 4—8 „ . . . 6—4 „
„ 8—12 „ . . . 3 „
„ 12—16 „ . . . 2 „
mehr als 16 „ . . . 1 „

und hält bei über 16 Kilom. langen Thalrinnen dies Verfahren für kaum noch anwendbar; bei Wasserläufen dieser Grösse kann man auch meistens sich genauere Daten verschaffen.

Bei minder bedeutenden Objecten, deren Zerstörung bei abnormer Wassermenge keinen grossen Schaden verursachen würde und die, (in niedrigen Dämmen liegend), leicht wieder herzustellen sind, kann man vielleicht die halbe Wassermenge der Tabelle nehmen, um an Durchlassprofil resp. Baukosten zu sparen. Zu grosse Sparsamkeit ist indessen meistens übel angebracht und namentlich bei kleinen eisernen, noch mehr bei kleinen hölzernen Brücken, wachsen die Kosten mit Vermehrung der Weite nicht erheblich. Endlich kann man auch zuweilen bei Anlagen in gebirgigem Terrain durch verstärktes Sohlengefälle des Durchlasses selbst, oder durch vor ihm zugelassenen Stau, die Geschwindigkeit des Wassers vermehren und den Querschnitt entsprechend verkleinern.

---

[1]) *Ueber die Bestimmung der Objects-Weiten aus dem Niederschlagsgebiete von A. Köstlin, Zeitschrift des österreich. Ing.- und Arch.-Vereins. XX. 1868. p. 86. Eine Kritik dieser Methode ist aus v. Kaven, Wegebau, 1870, pag. 420 etc. oder Civil-Ingenieur 1866 pag. 135 etc. zu entnehmen.*

Die Flächenmaasse des Niederschlagsgebietes können aus Karten mit Horizontal-Curven oder Bergstrichen, wodurch die Wasserscheiden kenntlich werden, ermittelt werden. *Niederschlagsgebiet des St. Gotthard. Trac. Taf. II. 11.*

Für die Abflussgeschwindigkeit pro Secunde nimmt Köstlin an, der Einfachheit halber, bei allen Gefällen, die steiler als $\frac{1}{100}$, dass sie zu 3 Meter genommen werde, bei welcher ein fester, steiniger Boden noch Stand halten soll. Man erhält dann für stärkere Gefälle um so mehr genügende Weite der Brücken. Bei Gefällen von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$ geht er zu $2^{m},5$ und 2^{m} über. Für geringere Gefälle wird man die Geschwindigkeit noch kleiner nehmen. Beispielsweise wurden bei ähnlichen Bestimmungen an der Hannover-Casseler Bahn (1850) in hügeligem Terrain Geschwindigkeiten von 1 bis $1^{1}/_{2}$ Meter angenommen.

Die Tiefe des Wassers in dem Bachschlauche lässt sich nach Merkmalen auf dem Terrain meistens annähernd ermitteln oder sonst erkundigen. Liegen aber vorerst nur Horizontalpläne (wie hier bei den Uebungen) vor, so muss man die Tiefe entsprechend der Grösse und dem Charakter des Gewässers annähernd schätzen.

Nachdem also die Wassermenge Q in Cubikmetern aus dem Niederschlagsgebiete bekannt, die Tiefe t des Wasserlaufes ebenfalls bekannt oder geschätzt, die Geschwindigkeit v pro Secunde angenommen wurde, ergiebt sich die Weite w des Durchlasses einfach aus

$$w^{m} = \frac{Q}{t\,v}$$

Die in der citirten Abhandlung von Köstlin angegebene Zusammenstellung über von ihm für die Staatsbahnlinien in Mähren projectirten kleinen Brücken giebt gute Beispiele der Anwendung dieser Methode.

Hier war nur von Ermittelungen auf vorliegenden Horizontalcurvenplänen die Rede. Auf dem Locale findet man, dass im coupirten und gebirgigen Terrain die Wasserzüge (auch die kleineren) meistens scharf ausgeprägte Rinnen haben. In mit Cultur und Wegen versehenen Gegenden finden sich auch fast immer Brücken, wasserfreie Wege, Wehre etc. vor. Auch kommt in Betracht, dass die in solchen Gegenden oft aus praktischen Gründen (Begehbarkeit etc.) erforderliche, reichliche Höhe der Durchlässe das an Weite Fehlende ersetzen kann. In der norddeutschen Ebene ist oft wenig Durchflussweite wegen des häufig sehr durchlässigen Untergrundes erforderlich. So hat z. B. die Venlo-Hamburger Linie auf einer Strecke von nahe einer Meile Länge zwischen Wesel und Haltern nur einen einzigen Durchlass, trotzdem sie parallel zur Lippe liegt, also die Entwässerungs-Richtung normal zur Bahn-Achse ist. Uebrigens kommt oft vor, dass von den Interessenten übertriebene Ansprüche betreffs der Brückenweite gemacht werden, denen man nicht immer ausweichen kann.

Bei Bahnen, die in der Richtung des Hauptthales laufen, kommt es nicht selten vor, dass durch die Dammanlage Niederungen abgeschnitten werden, deren Entwässerung in den Fluss wieder herzustellen ist. Eben so sind oft Durchlässe herzustellen, welche das befruchtende

Hochwasser (Leinethal der Bahn von Alfeld nach Göttingen) oberhalb in solche früher inundirte, jetzt abgeschnittene Niederungen zulassen und unterhalb wieder abführen müssen. In solchen Fällen wurde bei der hannoverschen Südbahn 1850 angenommen, dass durch den Damm abgeschnittene derartige Niederungen (in wenig coupirtem Terrain) von

0,70 0,90 1,10 1,30 1,50 1,70 2,00 □ Kilom. Fläche,
2,00 1,66 1,43 1,25 1,11 1,00 0,90 Cubikmeter

pro Secunde liefern würden. Dabei wurde die Geschwindigkeit des Abflusses zu nur $0^m,6$ bis $1^m,00$ angenommen, wodurch man ohne Zweifel reichliche Brückenweiten erhielt.

Ueber andere Methoden der Bestimmung der Durchflussweite und Berechnungen unter Anwendung von Formeln (z. B. Eytelwein, Bazin, Ganguillet und Kutter etc. bei grösseren Brücken) ist v. Kaven a. a. O. nachzusehen.

3) Eiserne Brücken und Anordnung der Höhenlage resp. Fahrbahn derselben.

Angaben über Gewichte eiserner Brücken finden sich in den meisten Baukalendern. *(Vergl. pag. 54.)* Wichtig und von weitgreifendem Einflusse sind die Erwägungen über die Höhenlage der Fahrbahn resp. ihre Anordnung über oder zwischen den Trägern.

Gegeben sind Hochwasser und (aus Gründen der zweckmässigen Gradiente) die Höhe der Schienenunterkante. Rechnet man, je nach der Grösse des Gewässers (Treibholz, Eisgang, Flösserei, Schifffahrt etc.) einen Spielraum zwischen Hochwasser und Brückenunterkante, der, wie früher angegeben, wenigstens (bei kleineren Gewässern) $0^m,6$ betragen muss, so bleibt die sogenannte Constructionshöhe übrig und man erfährt unter Annahme, dass die Höhe der Haupt-Träger $\frac{1}{10}$ bis etwa $\frac{1}{12}$ der lichten Weite (oder auch der Berechnungs-Weite) betragen solle, ob man eine Construction herstellen kann, wo die Fahrbahn entweder über den Hauptträgern oder zwischen denselben anzubringen ist. Die Entfernung letzterer von Mitte zu Mitte muss so sein, dass das Normalprofil zwischen den Gurtungen durchgeht. Bei Curven auf der Brücke ist der Pfeil der Curve, die Spurerweiterung und das Schiefstellen der Fahrzeuge dabei zu berücksichtigen. *(Vergl. Ueb. Nr. 33. Taf. 1, 2, 3.)* Brücken mit Fahrbahn zwischen den Trägern wiegen mehr als mit Fahrbahn über denselben, dagegen kann der anstossende Damm niedriger sein, wogegen er zwar, wenn bei zweigleisiger Bahn bei Oberbauen grösserer Brücken mit einem Gleise zwischen je zwei Hauptträgern, die Gleisachsen vor und hinter der Brücke, mehr als auf freier Bahn entfernt und daher mit **S** Curven aus einander gezogen, resp. wieder zusammen gezogen werden müssen, auf dieser Länge breiter werden muss, ebenso wie die Land- und Wasserpfeiler dann breiter werden müssen. (Zwischen den inneren Tragwänden muss man den Anstrich bequem

erneuern können). Man würde dann nur durch Erhöhung des Dammes (resp. Aenderung der Gradiente oder Einlegung einer Rampe) in die Lage kommen, eine Eisenconstruction, wo über den Trägern gefahren werden kann, herzustellen. Hierbei vermehren sich aber die Kosten der Erdarbeit und des Grunderwerbes, während die Kosten der Eisen-Construction geringer wurden. Die Summe aus Erdarbeitskosten (mit Grunderwerbskosten) Mauerwerk und Eisen-Construction muss ein Minimum werden, wobei der Einfluss einer etwaigen Veränderung der Gradiente auf den Betrieb noch zu erwägen ist.

Bei Städten, die an grossen Flüssen mit Schifffahrt liegen, lassen sich auch bei eisernen Brücken Rampen selten vermeiden, weil wegen der Schifffahrt die Unterkante Brücke meistens hoch gegen die anstossenden Quais oder Strassen liegt. Beispiele von Rampen bei Rheinbrücken: Cöln $\frac{1}{54}$, Coblenz $\frac{1}{70}$, Mainz $\frac{1}{74}$, Mannheim $\frac{1}{66}$, nur Strassburg horizontal. Bei diesen Brücken sind übrigens auch (namentlich Mainz) strategische Rücksichten betreffs der Höhenlage und sonstigen Anordnung in Frage gekommen.

Die Fragen über zweckmässige Construction grosser eiserner Brücken, über die Construction der Pfeiler bei hohen Brücken und Viaducten (ob massive oder eiserne Pfeiler), über die ökonomische Weite massiver gewölbter Brücken und Viaducte etc. gehören nicht hierher, sondern in den „Brückenbau“. Es finden bei letzteren ähnliche Betrachtungen statt wie bei den eisernen Brücken.

Oeconomische Weite eiserner Brücken. Trc. L. XVII. 6. v. Kaven. — Brücken unter hohen Dämmen, die ein Minimum von Material ergeben. Daselbst 5 Böhm, — Oeconomische Weite massiver Viaducte, Pfeilerstärken etc. Vrb. L. XVII. 20 Meyer. (Eine sehr ausführliche Tabelle über Dimensionen von 52 Aquaducten, Viaducten und Brücken findet sich in dem Werke von Tony Fontenay: Construction des viaducs etc. Paris 1852, auch deutsch von Hertel.)

Beispiel, wie viel mehr Höhe über Hochwasser eine massive Brücke gegenüber einer eisernen erfordert.

Beispiel. Für eine massive Brücke von 20m Weite und 1/5 Pfeil (also Radius 21m,25) hat man folgende Höhe über der in Hochwasserhöhe liegenden Kämpferschicht:

Bettung unter Schienenunterkante, wenigstens	0m,40
Abdeckung des Gewölbes mit 2 flachen Backsteinschichten 13cm und 2 Asphaltlagen zusammen 1cm . . .	0m,14
Gewölbstärke (Quader oder Werksteine)	1m,25
Pfeilhöhe $\frac{20}{8}$	2m,50
Summe, Höhe von Schienen-Unterkante bis Kämpferfuge . .	4m,29
Für eine eiserne Brücke:	
Bohlen als Unterlagen der Schienen	0m,16
Höhe der Oberkante Längsträger, worauf die Bohlen ruhen bis Unterkante Hauptträger	0m,50
Unterkante, Hauptträger über Hochwasser in gewöhnlichen Fällen wenigstens	0m,63
Von Schienenunterkante bis Hochwasser	1m,29

Also Differenz 3m, um welche bei der massiven Brücke die Bahn am Uebergangspunkte höher angenommen werden müsste.

4. Empirische Formeln für Gewölbe und Widerlager.

Wegen des verschiedenen Materials und der verschiedenen Ausführung dieser Constructionen ist es nicht ohne Gefahr, solche Formeln für deren Dimensionen zu geben und es ist kaum möglich, diese in einfacher Form für grosse und kleine Brücken gleich zutreffend zu machen. Bei kleinen, nach empirischen Formeln berechneten Durchlässen thut man gut, solche mit ausgeführten Beispielen oder bewährten Normalien zu vergleichen, wenn man nicht vorzieht, dieses ohne Weiteres anzunehmen, bei grösseren wird man die gefundenen Maassen noch durch eine Stabilitätsberechnung controliren. Indessen geben die folgenden Formeln erfahrungsmässig genügende Stärken für Eisenbahn- und Wegebrücken. Sie stützen sich auf die Voraussetzung, dass aus mehrfachen Gründen [1]) der mittlere Druck pro □ Centim. eines Gewölbes bei gleichem Material um so grösser sein darf, je grösser die Dicke des Gewölbes ist und dass der durch das Eigengewicht des Gewölbes und eine ruhende Last (Kies, Schwellen, Schienen), welche etwa $0^m,8$ bis 1^m Höhe vom spezifischen Gewichte des Gewölbmaterials entspricht, verursachte mittlere Druck im Scheitel eines Quadergewölbes (Horizontalschub dividirt durch Gewölbquerschnitt) pro □ Centimeter in Kilogr. nach Vergleichungen mit ausgeführten Brücken, etwa der Zahl nach 5 bis 6mal Gewölbstärke in Metern betragen darf. Der mittlere Druck auf den Quadrat-Centimeter eines 0,5 starken (nicht mit mobiler Last bedeckten Gewölbes) überschreitet also nicht 2,5 bis 3 Kilogr. pro □ Centim., und der eines 1^m starken nicht 5—6 Kilogr. Die mobile Last vermehrt die Drücke bei kleinen Gewölben dann mehr als bei grossen. [2]) Bei Gewölben mit höherer Ueberschüttung als 1^m ändert sich selbstredend die Inanspruchnahme. Die Maximal-Inanspruchnahme ist bekanntlich, wenn die Drucklinie sich um $^1/_3$ der Gewölbdicke der inneren oder äusseren Gewölblinie nähert, die doppelte der mittleren.

I. Quadergewölbe.

1) Für Eisenbahnbrücken breitspuriger Bahnen und Chausseebrücken ist unter der Voraussetzung von Gewölbquadern von einer Bruchfestigkeit gegen Zerdrücken von 300 bis 350 Kilogr. pro □ Centim. und mehr, und bei Ueberschüttung mit Kies und Dammmaterial von 1^m (vom Scheitel der äusseren Gewölblinie bis Schienenunterkante), die Gewölbstärke im Scheitel in Metern

$$d_q = 0{,}25 + W\,(0{,}025 + 0{,}0034\,n)$$

[1]) *Ritter, Ingenieur-Mechanik. Hannover. Rümpler 1876. p. 421, wo die Ableitung mitgetheilt ist. — Vergl. unten die Bemerkung über empirische Formeln.*

[2]) Beispielsweise wird die Inanspruchnahme des Gewölbes einer 3 Meter weiten Brücke mit $0^m,8$ bis 1^m Ueberschüttung (wie oben angenommen) bedeckt und mit $^1/_5$ Pfeil, beim Passiren der Locomotive durch deren Gewicht und die Erschütterungen auf etwa das $2^1/_2$fache gesteigert, bei einem 12^m weiten Gewölbe mit $^1/_5$ Pfeil etwa auf nur das $1^1/_2$fache. Bei einem Halbkreisgewölbe von 21^m etwa nur auf das $1^1/_{10}$fache.

wenn W die Lichtweite des Gewölbes zwischen den Widerlagern und n das Verhältniss der Weite zum Pfeil f ausdrückt,[1]) letzteren von der Kämpferfuge bis zum Innenscheitel des Gewölbes gemessen. *(Taf. I. Fig. 4.)*

Für Halbkreisgewölbe wird also, weil n = 2

$$d_q = 0{,}25 + 0{,}0318\ W$$

Diese Formeln setzten Gewölbe nach einer Kreisbogenlinie voraus, können aber auch genügend zutreffend für Korbbögen und andere, neuerdings gebräuchliche parabolische oder Formen nach der Stützlinie *(Disp. Taf. 10 und 11 Bauer, auch Vrb. L. XVII. 22. Bauer)* gebraucht werden. Bei grösseren Gewölben von etwa 12—15 Meter Weite an, muss man eine nach den Kämpfern hin in Absätzen zunehmende Verstärkung des Gewölbes eintreten lassen, damit der Druck in der Bruchfuge, welche genau genug bei Halbkreis bis 120 Grad Centriwinkel sich 60 Grad vom Scheitel befindet, bei flacheren die Kämpferfuge ist, nicht über das $\frac{10 - 2d}{5}$ fache des Druckes im Scheitel betrage. Bei Gewölben nach der Stützlinie ermittelt man diese Zunahme der Stärke vom Scheitel ab, durch Rechnung oder Construction. *(Disp. 9, 5).*

In der gewöhnlichen Praxis pflegt man mit 8 bis 10 Meter Weite anfangend, Gewölbe von Halbkreis bis $\frac{1}{3}$ Pfeil, am Kämpfer $\frac{4}{3}$ so stark wie im Scheitel, und flachere Gewölbe $\frac{5}{4}$ so stark wie im Scheitel zu machen, welche Stärke man in Absätzen wachsen lässt. In der Ansicht vor den Stirnen zeigt man meistens nur die Scheitelstärke. *Vergl. praktische Regeln Disp. Taf. 2 und 4.*

Uebrigens kommen Chausseebrücken vor, welche eine Minderstärke von 15—25 Procent gegen Eisenbahnbrücken im Gewölbe zeigen; namentlich bei sehr flach gewölbten Brücken. Hier kann auch, da sich die Widerstandslinie bei ungleichmässiger Belastung weniger verschiebt als bei Halbkreisgewölben, der Maximaldruck also vom mittleren nicht so sehr abweicht, um so eher ein grösserer mittlerer Druck, wie er bei Verschwächung des Gewölbes entsteht, zugelassen werden. Brücken engspuriger Bahnen mit leichterer mobiler Last, wird man ebenfalls schwächer, als die hier stehenden Formeln ergeben, machen können.

2) Bei Ueberschüttungen über dem äusseren Gewölbscheitel von der Höhe h und für eine lichte Weite des Gewölbes bis etwa 8 -10 Meter gilt für Eisenbahnbrücken mit vollem Halbkreise

$$d_{q\,h} = d_q \sqrt{1 + \left(\frac{h - 1}{4{,}5}\right)}$$

und für Chausseebrücken mag genügen

$$d_{q\,h} = d_q \sqrt{1 + \left(\frac{h - 1}{7}\right)}$$

Diese Formeln sind noch brauchbar bis zu Ueberschüttungen von etwa 30 Meter = h. Die Stärke dieser Gewölbe bis zum Kämpfer kann dieselbe bleiben, wenn nicht wegen der besseren Ueberführung des Gewölbbogens in das Widerlager es zweckmässig scheint, sie zu vergrössern.

---

[1]) Diese Formel, welche von dem Verfasser für die hannoverschen Eisenbahnbauten entworfen wurde, ist in den Vorträgen über Ingenieurwissenschaften von v. Kaven. Abtheilung I. Wegebau, Hannover, Rümpler 1870, pag. 516 nebst der über Widerlager, aufgestellt zu $d = 0{,}22 + \frac{W}{12}(0{,}3 + 0{,}01\ n)$ und so in verschiedene Baukalender übergegangen. Hier ist die Constante, welche aus Fussmaass herrührt, auf $0^m{,}25$ abgerundet.

Unter den Dossirungen der Dämme wird h in Absätzen kleiner angenommen, wesshalb man in die Formel verschiedene Werthe h, h_1, h_2 einsetzt und das Gewölbe von der Mitte nach den Dammdossirungen, wo es mit der geringsten Stärke d_q herausschneidet, ebenfalls in Absätzen von nicht unter 1^m Länge schwächer werden lässt. *(Taf. I. Fig. 5.)*

Brücken unter hohen Dämmen: Disp. Taf. 8. — An geneigten Hängen der Brennerbahn Disp. Taf. 9, 13 und 16. Trc. Lit. XVII. 5 Böhm; Disp. Taf. 10 und 11. Bauer parabolische; Vrb. L. XVII. 28 Ott, 29 Scheitenberger. Ueber Vorsichtsmaassregeln bei Erbauung, v. Kaven, Wegebau, II. Aufl. 1870, pag. 537—546.

II. Gewölbe aus gebrannten Steinen.

3) Hat man die Gewölbstärke d_q für Quader gefunden, so ist unter der Annahme, dass Gewölbe von sehr festen Backsteinen (Klinkern) von 1^m Stärke ab nicht stärker als Quadergewölbe zu sein brauchen, folgender Werth zutreffend

$$d_k = d_q + d_q \left(\frac{1 - d_q}{2}\right)$$

und für gewöhnliche gut gebrannte Back- oder Ziegelsteine, welche nicht so fest wie Klinker sind,

$$d_b = d_q + d_q \left(\frac{2 - 1{,}5\, d_q}{3}\right)$$

Selbstredend kann das zweite Glied niemals negativ, sondern höchstens Null werden. Die Stärke der Ziegelgewölbe rundet man auf den nächstfolgenden halben Stein ab.

Für die Vermehrung der Gewölbstärke nach dem Kämpfer hin gilt dasselbe wie für Quadergewölbe.

Beispiel: Für ein Halbkreisgewölbe von 5^m Weite mit Ueberschüttung kleiner als 1^m ist

$$d_q = 0{,}25 + 0{,}0318 \cdot 5 = 0^m{,}409$$

$$d_k = 0{,}409 + 0{,}409 \left(\frac{1 - 0{,}409}{2}\right) = 0^m{,}529$$

$$d_b = 0{,}409 + 0{,}409 \left(\frac{2 - 0{,}6135}{3}\right) = 0^m{,}598$$

Bei einer Ueberschüttung von $h = 10^m$ wird bei Eisenbahnbrücken

$$d_{q\,h} = 0{,}409 \sqrt{1 + \frac{9}{4{,}5}} = 0^m{,}708, \text{ daher}$$

$$d_{k\,h} = 0{,}708 + 0{,}708 \left(\frac{1 - 0{,}708}{2}\right) = 0^m{,}811$$

$$d_{b\,h} = 0{,}708 + 0{,}708 \left(\frac{2 - 1{,}062}{3}\right) = 0^m{,}929$$

Vergleiche Stärke von Ziegelgewölben der Wittenberg-Geestemünde-Bahn. Dsp. Taf. 4, 9.

III. Gewölbe aus Bruchsteinen.

Für die Stärke von Bruchsteingewölben lassen sich zutreffende Formeln kaum geben, da die Art der Bearbeitung, wodurch sie mehr oder weniger quaderartig gemacht sind, ihre Festigkeit, ihre Lagerhaftigkeit etc. wesentlich sind. Im Allgemeinen wird ihre Stärke derjenigen der Klinker- und Ziegelgewölbe nahe kommen, bei kleinen (stets aber lagerhaften) Bruchsteinen die der letzteren zuweilen noch übertreffen müssen.

Vergl. über Brücken mit Gewölben und Pfeilern in Bruchstein, sehr detaillirt: Ueber die Ausführung steinerner Brücken in Frankreich von F. Kreuter. Zeitschrift des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Heft I. 1877 mit Abbild.

IV. Widerlagerstärken.

Bei guter Herstellung aus gutem lagerhaften Bruchsteinen- oder Ziegelmaterial ist folgende Formel aufgestellt (v. Kaven, Wegebau a. a. O. p. 519), deren numerische Coefficienten von 47 Brücken verschiedener Weiten mittelst der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt wurden.[1])

$$c = \left\{ 0{,}42 + 0{,}0854 \left(\frac{W}{f_1}\right) + 0{,}044\ H \right\} \sqrt{W}$$

Hierin bedeuten f_1 den Pfeil des Gewölbes plus der halben Gewölbstärke für Quader (einerlei ob das Gewölbe von Backsteinen oder Quader) und H die Höhe des Widerlagers von der Kämpferfuge bis zum ersten Fundamentabsatz (gewöhnlich mit der Höhenlage der Brückensohle zusammen fallend). Alles in Metern.

Beispiel. Für die berechnete 5^m weite Brücke sei $H = 3^m$. Es ist

$$f_1 = 2{,}5 + \frac{0{,}409}{2} = 2^m{,}7045$$

$$\frac{W}{f_1} = 1{,}849$$

$$c = \{0{,}42 + 0{,}0854 \cdot 1{,}849 + 0{,}132\}\ 2{,}236 = 1^m{,}587$$

Für Gewölbe mit Ueberschüttung wird die gefundene Widerlagsstärke c noch vermehrt um

$$\left(\frac{H + f_1}{50}\right) \cdot \sqrt{(h - 1)}$$

H braucht auch bei höheren Ueberschüttungen nicht grösser als bis 15^m in die Formel gesetzt zu werden, weil bei grösserer Höhe das Widerlager wieder schwächer werden könnte.[2])

---

[1]) *Eine reichhaltige Zusammenstellung von massiven Brücken findet sich in dem Werke Construction des Viaducs, Ponts-Aqueducs, Ponts et ponceaux en maconnerie, description du Viaduc de l'Indre et des procédés employés dans sa construction etc. par Tony Fontenay. Paris 1852, deutsch von Hertel. Für hannov. Maass umgerechnet, auch in Zeitschrift des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins I. 1855, pag. 263 etc.*

[2]) *Vergl. Scheffler, Theorie der Gewölbe, Futtermauern und eisernen Brücken. Braunschweig 1857.*

Bei 10^m Ueberschüttung über dem äusseren Gewölbscheitel im vorliegenden Beispiel ist die erforderliche Vermehrung:

$$\left(\frac{3 + 2{,}704}{50}\right)\sqrt{9} = 0^m{,}342,$$

also ist dann die Gesammtstärke $1{,}587 + 0{,}342 = 1^m{,}929$.

Für Chausseebrücken wird man die berechnete Stärke e um 10 Procent schwächer machen können, im Uebrigen dieselbe Formel für Ueberschüttung anwenden.

In ähnlicher Weise wie das Gewölbe wird das Widerlager unter den Dossirungen des Dammes in Absätzen, nach der sich vermindernden Ueberschüttungshöhe berechnet, entsprechend schwächer gemacht. *(Taf. I. Fig. 5.)*

Die angegebenen Formeln sind von Eisenbahnbrücken für zwei Gleise einer breitspurigen Bahn hergeleitet; hat man also eine schmalere Eisenbahnbrücke für 1 Gleis oder eine Chausseebrücke, so kann, da die Stabilität der Flügel die des Widerlagers in höherem Maasse vermehrt, die Widerlagerstärke schwächer genommen werden, am meisten dann, wenn die Flügel parallel der Flucht der Häupter (also parallel der Bahnachse) sind. Bei grossen Brücken mit der Bahnachse parallelen Flügeln und angeschütteten Erdkegeln, wo in den Widerlagern hohle Räume (Aussparungen, Capellen etc.) sind, wird man die Stärke der vorderen Widerlagsmauer noch mehr verringern können. Hier kommt es viel auf das Material an und man muss gute ausgeführte Beispiele studiren. Wird übrigens, was bei kleinen Weiten und hohen Widerlagern vorkommen könnte, letzteres schwächer als es als Stützmauer sein müsste, so muss es wenigstens so stark gemacht werden, wie letztere es erfordert.

Bei Widerlagern, die bei Hochwasser tief eintauchen, wodurch ihr Gewicht, also auch ihre Stabilität verringert wird, wird man der gefundenen Stärke e etwas zusetzen, z. B. $\frac{1}{10}$ e, wie man ebenfalls, da die Widerlager-Formel für Bruchstein- oder Backstein-Mauerwerk mittlerer Qualität gilt, die Art der Ausführung des Mauerwerks berücksichtigen muss, und bei sehr gutem Mauerwerk (und gutem Mörtel) die Dimensionen etwas verringern darf.

Allgemeine Bemerkungen.

Alle Gewölbe, welche nach den obigen empirischen Formeln dimensionirt sind, müssen wenigstens bis zur Bruchfuge (bei Halbkreisbogen wenigstens bis 60^0 vom Scheitel zu jeder Seite) hintermauert sein, ehe sie ausgerüstet werden, und zweckmässig, obgleich nicht erforderlich, ist es, die Widerlager vor dem Ausrüsten thunlichst zu hinterfüllen, wenigstens mit dem Boden aus den Fundamentgruben, und die Hinterfüllung, wenn das Material geeignet ist, zu stampfen oder doch, wenn sie Stein-Material ist, in der Nähe der Brücke zu packen. Die Hintermauerung fällt vom Scheitel des Gewölbes nach dem Widerlager hin, mit in der Regel

nicht unter $^1/_6$ Neigung ab. Man kann sie an der Hinterfläche der Widerlager bei $0^m,1 + \frac{1}{30}$ W über der Horizontalen, welche durch den Schnitt der Bruchfuge mit den Extrados gedacht wird, beginnen und tangential an dem Gewölbe verlaufen lassen. *(Dsp. Taf. 4, Fig. 2, 4, 6 u. 8.)* Die Häupter mauert man, damit sie beim Ausrüsten sich nicht deformiren, erst nach demselben auf und lässt sie bis dahin in Höhe der Hintermauerung mit Verzahnung stehen. Bei grösseren Brücken bringt man die Deckplatten der Häupter erst auf, nachdem das Gewölbe sich vollständig gesetzt hat und der Mörtel hart genug geworden ist.

Um die Stabilität des Widerlagers zu erhöhen, ohne mehr Material zu gebrauchen, empfiehlt es sich, der hinteren Fläche desselben eine Böschung zu geben, besonders dann, wenn wegen der Bodenbeschaffenheit eine breite Basis erwünscht ist *(Taf. 1, Fig. 4)*; doch ist bei Brücken ohne hohe Ueberschüttung dies meistens nur thunlich, wenn die Widerlagerstärke am Kämpfer wenigstens $2^1/_2$ bis 3 Mal die für Quader berechnete Gewölbstärke beträgt. Wenn dies nicht der Fall, muss man die Fundament-Absätze an der Hinterseite des Widerlagers entsprechend verbreitern. Bei flachen Gewölben (von etwa $^1/_8$ Pfeilverhältniss an) empfiehlt es sich, hohe Kämpferquader anzuwenden und solche durch Herstellung der Uebermauerung vor dem Ausrüsten zu belasten, um ein Bewegen oder Gleiten auf dem Widerlager bei frischem Mörtel zu verhindern. *Disp. 4, 2.* Bei flachen Gewölben wird man auch gut thun, dem Mauerwerk im oberen Theile des Widerlagers einen Verband der Höhe nach zu geben, damit nicht Gleiten oder Bewegung in den oberen Schichten vorkommt.

Die Böschungs-Flügel der Brücken werden wie Futtermauern behandelt und erhalten im Anschluss an die Häupter etwa $^1/_3$ der Höhe an dieser Stelle, bis höchstens $\frac{2}{3}$ derselben zur Stärke, wenn die Flügel bis nahe an die Dammkrone reichen; bei Ueberschüttungen über dem Gewölbe, also höheren Dämmen etwas mehr. Am Ende oder Auslaufe werden die schrägen Böschungsflügel je nach Lagerhaftigkeit des Materials $0^m,6$ bis $0^m,8$ breit gemacht und mit $0^m,12$ bis $0^m,16$ starken Platten von $0^m,5$ bis 0^m7 Breite bis zur Stirn reichend abgedeckt, wenn nicht Deckquader, meistens als Fortsetzung und Schluss einer vorhandenen Quaderverblendung, verwendet werden. *Formen von Flügeln: Disp. 6. Flügelenden und Abdeckungen Disp. 5.* Mit der Bahnachse parallele Flügel kann man wie Stützmauern berechnen.

Die Widerlagermauern kleinerer Brücken pflegt man in der Vorderfläche meistens vertical zu machen, ebenso die Flügelmauern. Bei grösseren Brücken pflegt man Flügel und Widerlager, hauptsächlich des besseren Aussehens wegen, aussen etwas geböscht zu machen. Auch macht man, je nachdem es wegen Einmündung von Wegen oder Wasser-

läufen passt, auch convexe und concave Flügelformen *(vergl. Disp. Taf. 6. Fig. 5).* Die Verbindung der Flügel mit den Häuptern ist sorgfältig zu machen, wesshalb sie am besten um die Gewölbstärke vor der Flucht der Widerlager zurückspringen. Mit der Bahnachse parallele Flügel (wogegen Kegelschüttungen kommen) muss man, ohne auf den Erddruck des Kegels zu rechnen, wie Stützmauern behandeln und besonders am Widerlager die inneren Ecken stumpf ausmauern oder ausrunden, weil an dieser Stelle nicht selten Abtrennungen der Flügel erfolgen. *(Disp. 6, 13 u. 14.)* Es ist nicht mehr gebräuchlich, bei normal gegen die Achse oder häufig mit einer Abweichung von der Normalen von $^1/_3$ der in der Richtung der Brückenachse gemessenen Länge für jeden sich öffnenden Flügel, am Ende, mit der Bahnachse parallele, kleine Futtermauern anzulegen, die dann mit $^1/_4$ Kegel umschüttet werden, da diese, auch wenn sehr stark gemacht, beim Setzen des Dammes von dem Flügelende manchmal sich abzutrennen pflegen.

Die Hinterseite der Flügel hält man am einfachsten schlicht und vertikal, oben abgeschrägt und vermeidet breite Absätze. *(Vergl. Normalien der Venlo-Hamburger Bahn, Ueberdruckzeichnungen Nr. 28.)*

Berechnete Pressungen bei grösseren gewölbten Brücken.

Sehr ausführlich ist die Theorie der massiven Brücken, unter Zugrundelegung der Stützlinie, behandelt in „die Brücken der Gegenwart von Heinzerling II. Abtheilung: steinerne Brücken"; auszugsweise die Theorie in Bauhandbuch II. Hülfswissenschaften pag. 194 und 195, wo sich eine Tabelle für die Scheitelstärken von Brücken von 5 bis 60 Meter Radius der Widerstandslinie im Scheitel, aus der Quelle abgedruckt findet. Derselbe nimmt beispielsweise die Verkehrsbelastung und die Aufschüttung im Scheitel zu 2800 Kil. pro □Meter für Eisenbahn-Brücken, und 1800 Kil. pro □Meter für Strassenbrücken, und das Gewicht des Gewölbemauerwerks von Haustein 2800—2500 Kil., Backstein 2200—2000 Kil., Bruchstein 2500—2200 Kil. pro Cub.-Meter, und ermittelt den nach der Stärke des Schlusssteins bei ausgeführten Brücken vorkommenden mittleren Druck im Scheitel.

Nimmt man mit dieser Tabelle an, dass bei den genannten Gewichten und Belastungen die mittlere Pressung bei einer Eisenbahnbrücke, deren Gewölbe aus Haustein den Radius im Scheitel zu $R = 5$ Meter hat, nach der gebräuchlichen statischen Rechnung sich zu 4,30 Kil. pro □Cent. ergeben dürfe und bei 60 Meter Radius zum 6fachen $= 25{,}8$ Kil., wie dies obngefähr die Tabelle angiebt, so findet man, annähernd $p = a + b\sqrt{R}$ gesetzt, aus diesen beiden Werthen

$$p^{\text{Kil.}} = 3{,}902\sqrt{R} - 4{,}44 \text{ pro } \square\text{Cent.}$$

und dies in die Formel des Bauhandbuches pag. 102

$$p = R\left(\frac{d_1 g_1 + v + gd}{d}\right)$$

(Fortsetzung pag. 70.)

Tabelle ausgeführter Brücken mit Halbkreisgewölbe, unter hohen Dämmen.

(Zur Vergleichung mit den empirischen Formeln.)

Bezeichnung der Brücke.	Lichte Weite. W Meter.	Pfeil. f Meter.	Höhe des Widerlagers. H Meter.	Höhe der Ueberschüttung. h Meter.	Vorhandene Gewölbstärke im Scheitel. Meter.	Vorhandene Widerlagerstärke. Meter.	Bemerkungen über die Construction des Gewölbes.
1. Bei Guxhagen	1,74	0,870	1,16	11,31	0,44	1,02	Ziegelsteine.
2. Geneigte Ebene zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast Nro. V.	1,74	0,870	1,45	13,70	0,80	1,74	Mergelsandstein-Quader.
3. Im Mühlenthal bei Geisslingen	1,74	0,870	?	22,62	0,87	1,16	Feste Kalksteine, früher Tuffstein, welcher zerdrückt wurde.
4. Im Katzenloch bei Geisslingen	1,83	0,915	2,03	20,30	0,87	1,16	Tuffsteinquader, später zum Theil durch Kalkstein ersetzt.
5. Mohnbach bei Kirchditmold	3,48	1,740	1,16	8,92	0,44	1,16	Ziegelstein.
6. Im Ulmer Thale . .	3,53	1,765	?	19,72	0,87	1,45	Fester Jura-Dolomit.
7. Zwischen Neustadt und Kaiserslautern . . .	3,97	1,985	1,60	6,96	0,55	1,60	Sandstein-Quader.
8. Ueber die Elsche bei Obervellmar	4,06	2,030	2,90	12,76	0,80	1,74	Harte Ziegelsteine.
9. Bei Kaiserslautern . .	4,93	2,465	3,00	7,98	0,46	1,51	Rother Sandstein, theils zerdrückt, durch einzelne Bogenringe von festerem Material verstärkt.
10. Zwischen Guxhagen und Guntershausen .	5,22	2,610	2,90	8,70	0,70	1,60	Ziegelsteine.
11. Gundelbach bei Oberzwehren	5,22	2,610	4,06	9,73	0,80	1,60	Ziegelsteine.
12. Ueber die Ahne bei Obervellmar	5,80	2,900	3,05	10,88	0,80	1,74	Klinker.
13. Geneigte Ebene zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast Nr. VI.	5,80	2,900	4,35	11,89	0,87	2,47	Mergelsandsteinquader, später durch Granitrippen verstärkt.
14. Ueber die Lene . . .	5,80	2,900	?	12,18	1,02	1,60	Tuffsteinquader.
15. Geneigte Ebene zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast Nr. VII.	6,96	3,480	4,06	21,46	1,02	2,90	Mergelsandsteinquader, durch Granitrippen verstärkt.
16. Ueber die Eyb bei Geisslingen	7,54	3,770	2,90	15,95	1,16	2,32	Keupersandstein.
17. Ueber den Schwarzbach bei Guxhagen . . .	11,60	5,800	2,90	10,15	0,58	2,18	Quader, sehr sorgfältig ausgeführt.

(Ueber die Erfahrungen, welche man bei diesen Brücken machte, siehe v. Karen, Der Wegebau. 1870. Hannover. Rümpler, pag. 537. Vorschriften für die Brennerbahn, daselbst pag. 547, auch dasselbe in Dsp. Taf. 9.)

Tabelle

über Stärke der Gewölbe und Widerlager auf der österreichischen Brennerbahn.

Lichte Weite der Durchlässe.		Schluss-stein.	Kämpfer.	Widerlager.	Schluss-stein.	Kämpfer.	Widerlager.	Schluss-stein.	Kämpfer.	Widerlager.	Schluss-stein.	Kämpfer.	Widerlager.
		Segmentbogen-Gewölbe mit 1/4 Pfeil.			Halbkreisgewölbe.			Halbkreis-Gewölbe.					
		Bis zu 3 Meter Ueberschüttung.						Stärke bei Ueberschüttung von 25 Meter Höhe.			Relative Zunahme für je 2m,5 vermehrte Dammhöhe.		
Fuss oesterr.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
3	0,96	0,32	0,42	9,96	0,32	0,42	0,83	0,42	0,510	0,96	0,010	0,009	0,013
4	1,28	0,35	0,45	1,12	0,35	0,45	0,90	0,48	0,580	1,06	0,013	0,013	0,016
6	1,92	0,38	0,51	1,28	0,38	0,51	1,02	0,51	0,640	1,13	0,013	0,013	0,016
9	2,88	0,45	0,58	1,44	0,45	0,58	1,09	0,58	0,700	1,28	0,013	0,013	0,019
12	3,84	0,51	0,67	1,76	0,51	0,67	1,20	0,70	0,860	1,44	0,019	0,019	0,024
15	4,80	0,58	0,74	2,08	0,58	0,74	1,28	0,86	1,024	1,60	0,028	0,028	0,032
18	5,76	0,64	0,80	2,40	0,64	0,80	1,41	1,02	1,174	1,76	0,038	0,038	0,035
21	6,72	0,70	0,90	2,72	0,70	0,90	1,54	1,15	1,344	1,92	0,045	0,044	0,038
24	7,68	0,77	0,96	3,04	0,77	0,96	1,66	1,28	1,504	2,08	0,051	0,054	0,042
30	9,60	0,83	1,06	3,36	0,83	1,06	1,92	1,54	1,792	2,40	0,071	0,078	0,048
36	11,52	0,90	1,12	3,84	0,90	1,12	2,11	1,79	2,112	2,72	0,089	0,099	0,051
50	16,00	1,12	1,44	4,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	19,20	1,20	1,52	5,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	25,60	—	—	—	1,28	1,76	4,80	Gewölbe aus Quader-Mauerwerk.					
100	32,00	1,28	1,76	7,04	—	—	—						
		Für Strassenbrücken über die Bahn.											
31	9,92	0,64	0,80	2,56	0,64	0,80	1,92	—	—	—	—	—	—

Wenn nichts Besonderes bemerkt ist, sind diese Gewölbe aus bearbeiteten Bruchsteinen, daher etwas stärker als Quader-Gewölbe. — Die Dimension für die Widerlager (obere Stärke) gilt nur, so lange das Widerlager (hinten vertical, vorn $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ Anlauf) nicht höher wird, als seine eigene Stärke, wird es aber höher, so ist es um 0m,2 für jeden Meter weiterer Höhe zu verstärken. *Vergl. hiermit Tabelle in Kalender für Strassen- und Wasserbau-Ingenieure von Rheinhard 1877 pag. 36 Gewölbs-Dimensionen bei der k. k. Inspection der oesterreichischen Verkehrs-Anstalten, wo auch die Dimensionen für Ziegel-Mauerwerk angegeben sich finden. Auch Heinzerling, Brücken der Gegenwart.*

gesetzt, findet man für $g = 2800$ Kil. als Eigengewicht des Cub.-M. Haustein, und $d_1 g_1 + v = 2800$ Kil. als fremde Last pr. □Meter, nach einiger Reduction

$$d = \frac{R}{13{,}936\sqrt{R} - R - 15{,}857}$$

als die Dicke des Haustein-Gewölbes im Scheitel in Metern, welcher man noch $0^m{,}1$ zusetzen kann, um nahezu die Dimensionen der Tabelle für Haustein zu erhalten. Aehnlich kann man Formeln für Bruchstein und Backstein aus der Tabelle ableiten, welche man mit ausgeführten Constructionen grösserer Brücken von 5—60 Meter Radius im Scheitel, vergleichen kann.

Beispiel. Für $R = 10^m$ ist die zulässige mittlere Pressung für Haustein:

$$p = 3{,}902 \cdot 3{,}16 - 4{,}44 = 7{,}89 \text{ Kil. pr. □ Cent.}$$

(nach der citirten Tabelle 7,4)

und $$d = \frac{10}{13{,}936 \cdot 3{,}16 - 25{,}857} + 0^m{,}1$$

$= 0^m{,}65$ (während die Tabelle $0^m{,}64$ giebt). Für $R = 50^m$ wird $p = 23{,}18$ Kil. und $d = 1{,}53 + 0{,}1 = 1^m{,}63$ (nach der Tabelle 22,9 resp. 1,64).

Note. Selbstredend stehen die wirklich (in Folge von Erschütterungen und Wandern der Drucklinie) bei kleinen Brücken vorkommenden grössten Drücke zu den wirklich bei grossen Brücken vorkommenden, in einem anderen Verhältnisse als 1 : 6, indem die kleinen Brücken pro □Einheit viel mehr als $^1/_6$ der Inanspruchnahme der grossen auszuhalten haben. Man muss aber bei Herstellung von Dimensionen dieselbe Art der Rechnung befolgen, welche man bei Herstellung der Coefficienten (durch Ermittlung der mittleren statischen Drücke im Scheitel für gleichförmig vertheilt angenommene Belastung) befolgte.

5. Construction und Gewichte kleiner Brücken der Venlo-Hamburger Bahn, mit eisernem Ueberbau.[1]) (Tafel II.)

Für die eisernen Ueberbauten der Brücken bis zu 50 Fuss preuss. (15m,7) Weite sind die folgenden allgemeinen Annahmen zum Grunde gelegt, während bei Brücken über 50 Fuss (15m,7) Weite jeder einzelne Fall einer besonderen Erwägung unterzogen wurde.

1. Bei denjenigen Brücken und Wasserdurchlässen, welche wegen mangelnder Höhe zwischen dem höchsten Wasserspiegel und den Schienen nicht überwölbt oder mit Platten abgedeckt werden konnten, sind

a. bis zu 3 Fuss (0m,94) Weite besondere eiserne Träger nicht angewendet, da eine Schiene auf 3 Fuss im Lichten frei liegen darf; immerhin würde aber ein, namentlich bei Stahlschienen wohl vorkommender Bruch, welcher auf dem freien Bahndamme nicht so gefährlich ist, innerhalb einer freien Brückenöffnung Unglücksfälle veranlassen können; es ist daher, grösserer Sicherheit halber, bei Oeffnungen bis zu 3 Fuss (0m,94) Weite, unter jeder Schiene eine hölzerne Langschwelle von 12″ (0m,31) Breite und 10″ (0m,26) Höhe angebracht worden, welche gegen Verschiebung mittelst eiserner Dübbel auf den Widerlagern befestigt ist. Um aber auch den Querverband unter den Schienen möglichst zu sichern, ist an den Enden der Langschwellen ein Stück von 10″ (0m,26) Länge und 6″ (0m,16) Höhe von oben ausgeschnitten und eine Querschwelle von 10″ (0m,26) Breite und 7″ (0m,18) Höhe mit 1″ (0m,026) Ueberschneidung so hineingelegt, dass die Oberkante der Querschwellen und Langschwellen in gleicher Höhe liegen. Auf den Querschwellen ist die Schiene mit eisernen Unterlagsplatten von 10″ (0m,26) Quadrat und 1/2″ (13mm) Stärke durch Hakennägel befestigt. Auf den Langschwellen sind die Schienen einfach genagelt.

b. Von 4 (1m,255) bis 12′ (3m,766) Weite sind Träger aus ⊥ Eisen angewendet. Dieselben wurden in der Regel als Träger unter der Schwellenlage benutzt und nur in den Fällen, wo es durchaus an Höhe fehlte, als 4 Träger (sogenannte Zwillinge), welche je zwei eine Schiene auf kurzen eisernen Querstegen zwischen sich tragen, verwendet.

c. Für Brücken von 12 (3m,767) bis 50 Fuss (15m,695) Weite sind in der Regel Blechträger, und über 50 Fuss Weite Fachwerksträger angewendet.

2. Mobile Belastung. Bei Brücken bis zu 10 Fuss (3m,139) Weite wird die ungünstigste Belastung durch eine einzelne Achse in der Mitte hervorgebracht, und ist die Belastung der Achse, einschliesslich des Einflusses der Stösse mit 30 Procent der statischen Belastung, zu 340 Centner angenommen. Diese Belastung wurde auch der Berechnung der Querträger und der Hilfslängsträger (Schwellenträger) zu Grunde gelegt. Bei Brücken von über 10 Fuss Weite wurde das Moment nach der ungünstigsten Stellung eines Zuges von Behne-Kool-Locomotiven und Tender berechnet, und eine gleichmässig vertheilte Last, die gleiches Maximalmoment in der Mitte hervorbrachte, dafür angenommen. Diese Belastungen sind in folgender Tabelle dargestellt, welche mit Berücksichtigung des Einflusses der Stösse so aufgestellt ist, dass die wegen Stösse zugesetzten Procente allmählich abnehmend, bei Brücken von 100 Fuss Weite zu Null angenommen sind, so dass von dieser Weite an das nur statisch wirkende Gewicht

Zuges Locomotiven mit Tender in Frage kam.

---

[1]) Aus den „Mittheilungen über den Bau der Venlo-Hamburger Eisenbahn“ von A. Funk. 1873.

Lfd. Nr.	Lichte Weite der Brücken.		Mobile Belastung für 1 Gleis.		Lfd. Nr.	Lichte Weite der Brücken.		Mobile Belastung für 1 Gleis.	
	Fuss Preuss.	Meter.	Pfunde pro lfd. Fuss Pr.	Kilg. pro lfd. Meter.		Fuss Preuss.	Meter.	Pfunde pro lfd. Fuss Pr.	Kilg. pro lfd. Meter.
1	10	3,139	6800	10832	7	30	9,417	4800	7646
2	12	3,767	6600	10514	8	40	12,556	4000	6372
3	14	4,394	6500	10354	9	50	15,695	3600	5735
4	16	5,022	6300	10037	10	60	18,834	3300	5257
5	20	6,278	5900	9398	11	70	21,973	3100	4938
6	24	7,534	5400	8602	12	80	25,112	3000	4779

Für die zwischen den angeführten Grössen liegenden Weiten wurden die Zahlen interpolirt.

3. Die Inanspruchnahme pro □Zoll preuss. ist unter der Voraussetzung der Anwendung von gutem deutschen Schmiedeeisen zu 9200 ℔ (6,72 Kilogr. pro □Millimeter) bei der Berechnung der Brücken zum Grunde gelegt.
4. Die Träger sind beim Aufstellen horizontal, also nicht überhöht gearbeitet und bei mehreren Oeffnungen auf den Pfeilern nicht verbunden. Wo die Mittelstützen durch Säulen gebildet sind, wurden bei nicht zu grosser totaler Länge continuirliche Träger angewendet.

   Bei der Berechnung der Dimensionen wurden den Lichtweiten bei Brücken bis zu 50 Fuss (15m,695) Weite 2 Fuss (0m,628) hinzugesetzt, um die Berechnungsweite von Mitte zu Mitte der Auflager annähernd zu erhalten. Bei der Berechnung der Hauptträger von Brücken über 50 Fuss (15m,695) Weite ist die der Berechnung zu Grunde gelegte s. g. Stützweite bis zur Mitte der auf dem Auflager befindlichen Versteifung angenommen.
5. Die Höhe der Hauptträger richtete sich bei Brücken bis zu 12 Fuss (3m,767) resp. bis zu 16 Fuss (5m,022) Weite nach den auf den Hüttenwerken üblichen Profilen der I Eisen. Bei Blechträgern ist dieselbe im Allgemeinen zu 1/12 bis 1/8 der lichten Weite angenommen und nur in besonderen Fällen wurde dieselbe bis zu 1/15 der lichten Weite ermässigt. Bei Fachwerksträgern ist als Entfernung der oberen und unteren Gurtung von Mitte zu Mitte 1/7 bis 1/10 der Lichtweite angenommen.
6. Bei zwei Trägern unter der Fahrbahn für ein Gleis sind die Träger bis zu

   50 Fuss (15m,695) Weite in 5 Fuss, (1m,570), von
   50 bis 65 Fuss (20m, 40) „ „ 6 „ (1m,883) „
   65 „ 80 „ (25m,112) „ „ 7 „ (2m,197)

   Entfernung von Mitte zu Mitte gelegt. Bei grösseren Weiten trat für jeden Fall eine besondere Erwägung ein.

Bei Trägern neben der Fahrbahn wurde das Normal-Profil für die freien Durchfahrts-Oeffnungen im deutschen Eisenbahn-Vereine innegehalten.

Betrug die Entfernung der Hauptträger eines Gleises von einander nicht mehr als 9′ 4″ (2m,93), so wurde die normale Entfernung der beiden Gleismitten von 11′ 4″ (3m,556) beibehalten; war die erstere dagegen mehr als 9′ 4″, so ist die Entfernung der beiden Gleismitten von einander um ebensoviel grösser angenommen, damit die beiden, der Bahnaxe zunächst liegenden Hauptträger beider

Gleise einen Abstand von 2′ (0m,628) von Mitte zu Mitte behalten konnten (um bei Reparaturen, Anstrich etc. dazwischen gelangen zu können).

7. Die Querträger sind, bei Hauptträgern neben der Fahrbahn, gewöhnlich aus Blech oder aus I Eisen, nur in besonderen Fällen aus Fachwerk construirt, und bei Blechbrücken in Entfernungen von 5′ (1m,570) bis 8′ (2m,511), bei Fachwerksbrücken bis 12′ (3m,767) angenommen. Bei Blechbrücken sind dann die Zwischen-Längsträger (Schwellenträger) gewöhnlich aus gewalztem I Eisen hergestellt.

Ueber die Zwischen-Längsträger, welche in 5 Fuss (1m,569) Entfernung von Mitte zu Mitte anzubringen sind, sind hölzerne Querschwellen von 6 Zoll (0m,16) Höhe gestreckt, welche die Schienen direct tragen und mit den Zwischen-Längsträgern 1/2 Zoll (13mm) überschnitten sind.

Die Querschwellen haben 11 bis 13 Zoll (0m,29—0m,34) Breite und sind mit 1/2 bis 1 Zoll (13—26mm) Zwischenraum gelegt. Jede zweite oder dritte Querschwelle ist durch Schrauben an den Zwischen-Längsträgern mit Hülfe an letztere angenieteter kurzer Winkel oder Platten befestigt, diese Schrauben sind unten vierkantig, dem entsprechend die Löcher in den Winkeln also quadratisch. Die Oberfläche der Querschwellen liegt 3/4″ bis 1″ (19,7 bis 26mm) über der Oberkante der Querträger.

Liegt die Oberkante der Hauptträger nicht mehr als 1′ 7 1/2″ (0m,492) über Schienen-Unterkante, und ist dem Normal-Profil [1]) entsprechend, die Innenkante der oberen Gurtung weniger als 5′ 3″ (1m,65) von der Gleismitte entfernt, so ist an der Aussenseite jedes der beiden Hauptträger eines Gleises ein Fussweg mit Geländer auf Consolen angebracht. Die Bohlen desselben liegen mit ihrer Oberfläche etwa in gleicher Höhe mit der Oberfläche der Querschwellen.

Bei der späteren Ausführung des eisernen Oberbaues für das zweite Gleis ist dann der in der Bahnaxe liegende Fussweg zu beseitigen.

8. Bei Trägern unter der Fahrbahn sind ebenfalls Querschwellen angewendet, welche bei Brücken bis 50 Fuss (15m,695) Weite, 6 Zoll (0m,16) stark und mit Zwischenräumen von 1/2 bis 1 Zoll (13—26mm) direct auf die Hauptträger gelegt wurden. Bei Brücken von 50 bis 80 Fuss (15m,695—25m,112) Weite, bei denen die Tragwände 6 bis 8 Fuss (1m,883—2m,511) weit von einander entfernt liegen, sind 8 Zoll (0m,21) starke Querschwellen projectirt, welche in Zwischenräumen von 2 1/2 bis 3 Fuss (0m,785—0m,942) von Mitte zu Mitte liegen und zwischen denen auf Futterstücken, mit den Querschwellen in der Oberkante in gleicher Höhe, 5 Zoll (0m,13) starke Bohlen angenommen sind.

Bei diesen Brücken mit Trägern unter der Fahrbahn sind an den Enden der Querschwellen, über oder unter dieselben, 9 Zoll (0m,23) hohe, 8 Zoll (0m,21) breite Langhölzer gelegt, welche mit den Querschwellen und Bohlen verbolzt wurden, damit bei einer etwaigen Entgleisung die Querschwellen und Bohlen zu gemeinsamer Wirkung kommen. Diese Langhölzer greifen in die Rückenmauern der Widerlager ein, um bei Entgleisungen einem Umkippen der ganzen Construction möglichst entgegen zu wirken.

9. Bei Festsetzung der Stärke des horizontalen Kreuzverbandes oder der s. g. Windstreben ist für kleine Brücken ein Seitendruck von 500 Pfd. pro lfd. Fuss (796,8 Kil. pro lfd. Meter) der Träger, bei Brücken von 80 Fuss (25m,112) Weite ein solcher von 350 Pfd. (557,6 Kil. pro lfd. Meter) und dazwischen ein mittlerer Druck angenommen.

---

[1]) Heus. Spec. I, 877, Taf. Ia.

Ueber die Anbringung der Horizontal-Verstrebung wird das Folgende bemerkt:

a. Bei Brücken von 30 Fuss (9m,417) und mehr Weite, deren Fahrbahn über den Trägern liegt, sind die horizontalen Kreuze sowohl an den oberen als an den unteren Gurtungen angebracht, und ist dann jedes System auf die halbe Horizontalkraft berechnet. Bei Brücken unter 30 Fuss Weite ist nur an den unteren Gurtungen eine horizontale Verstrebung vorhanden.

b. Bei Brücken mit Trägern neben der Fahrbahn fassen die Windstreben, wenn die Querträger nahe über den unteren Gurtungen liegen, an letztere an.

c. Liegen die Querträger nicht nahe über den unteren Gurtungen, so wurden die Windstreben möglichst dicht unter den Schwellenträgern angebracht.

Die Richtungslinien der Diagonalen schneiden die Mittellinien der Hauptträger und der Querverbindungen in demselben Punkte.

10. Die Auflager der Träger sind bei den Brücken bis 50 Fuss (15m,695) Weite einfach durch gehobelte gusseiserne Gleitschuhe gebildet, in welchen die Trägerenden bei Brücken bis zu 12 Fuss (3m,767) Weite direct, von über 12 Fuss Weite mittelst besonderer darunter befestigter gehobelter, 5/8 bis 3/4" (16—19mm) starken Blechplatten liegen.

An einem Ende wird die Brücke in den Auflagern gegen Verschiebung mit Hülfe besonderer Schraubenstifte festgehalten.

Damit bei Durchbiegung der Träger nicht der ganze Druck auf die innere Kante der Schuhe kommt, sind letztere auf eine Länge von 4 Zoll (0m,10) etwas abgerundet.

Bei den Fachwerksbrücken, bei denen die Auflager-Reaction immer auf eine bestimmte Stelle des Trägers wirken muss, ist daher das Auflager aus mehreren Theilen scharnierartig zusammengesetzt, welche eine geringe Drehung zulassen, ohne dass dabei die Berührungspunkte ihre Lage ändern. Die ungehinderte Ausdehnung und Zusammenziehung der Träger wird bis zu 50 Fuss (15m,695) Weite durch Gleitschuhe, bei grösseren Weiten durch Rollenschuhe erreicht.

Gleitschuhe wie Rollenschuhe sind auf Bleiplatten gelegt und mit dem Mauerwerk verschraubt. Zu dieser Verschraubung sind bei allen Brücken mit Trägern neben der Fahrbahn gewöhnliche Steinschrauben angewendet. Dasselbe gilt für Brücken mit Trägern unter der Fahrbahn über 50 Fuss (15m,695) Weite. Bei Brücken mit Trägern unter der Fahrbahn bis zu 50 Fuss Weite ist aber wegen des geringeren Eigengewichtes und der geringeren Entfernung der Hauptträger von einander, zur Sicherung gegen Umkippen der ganzen Construction bei Entgleisungen eine Verankerung durch, bis zu genügender Tiefe in's Mauerwerk hinabreichende, Ankerbolzen dann angebracht, wenn die Rückenmauern der Landpfeiler 36' (11m,30) oder mehr von einander entfernt sind. Es kommt das also vor bei den Brücken mit einer Oeffnung von 30 bis 50 Fuss (9m,417—15m,695) Weite und bei den Brücken mit mehreren Oeffnungen von zusammen über 30 Fuss Weite. Bei Brücken bis 30 Fuss Weite wird ein Umkippen durch die ad 8 erwähnten Langhölzer möglichst verhindert.

Der Druck der Auflagerschuhe auf die Auflager-Quader ist zu 90 bis 130 Pfd. pro □Zoll (6,58—9,49 Kil. pro □Centim.) angenommen, wobei die eigene und die oben angegebene mobile Belastung in Rechnung gezogen wurde und ist danach die Grösse der Schuhe berechnet.

11. Die Hauptträger haben an den Auflagern eine möglichst freie Lage erhalten; es sind zu dem Zwecke Stirnmauern, welche das Auflager verdecken und die Unterhaltung des Anstrichs der Träger erschweren, nur an wenigen Brücken ausgeführt.

Der Abstand des Trägerendes von der Rückenmauer ist bei Blechbrücken zu circa 4", (0m,10) normal gemessen, angenommen, und haben bei mehreren Oeffnungen die Trägerenden auf den Mittelpfeilern circa 4" (0m,10) Abstand von einander.

Bei Fachwerksbrücken wurden die Abstände der Trägerenden von den Rückenmauern, so wie bei mehreren Oeffnungen die Abstände der Trägerenden von einander grösser als 4 Zoll (0m,10), und sind dann zur ununterbrochenen Unterstützung der Fahrbahn besondere Constructionen angewendet.

12. Die Lage der Schienen-Unterkante ist zu 3/8 Zoll (1 Centim.) unter der Oberkante der Querschwellen angenommen.

Die Oberkante des Rückenmauerwerks ist 3/8 Zoll (1 Cent.) unter der Schienen-Unterkante, also 3/4 Zoll (2 Centim.) unter Oberkante der Querschwellen ausgeführt.

13. Schiefe Ueberbrückungen sind wo es anging vermieden; waren sie nicht zu umgehen, so sind für den Oberbau im Allgemeinen die vorstehenden Annahmen zur Anwendung gebracht, nur die schrägen Enden des Ueberbaues erfordern noch eine besondere Erläuterung.

Bei Trägern unter der Fahrbahn sind bei nur geringer Abweichung vom rechten Winkel, so lange nämlich die Verschiebung der Träger gegen einander weniger beträgt als die Länge des Auflagerschuhes, schiefe Querverbindungen an den Enden nicht angebracht. Die Schwellen wurden bei Trägern unter der Fahrbahn in der Regel parallel zum Widerlager angeordnet.

Bei Trägern neben der Fahrbahn sind dieselben an den Enden durch einen parallel zum Widerlager gerichteten schrägen Querträger verbunden. In den mittleren Feldern wurden die Querschwellen sämmtlich parallel zu den Querträgern, also normal zu den Hauptträgern gelegt, da die mittleren Querträger normal zu den Hauptträgern angeordnet sind; war nun die Abweichung des Schnittwinkels vom rechten Winkel nur gering, so erhielt der schräge Endquerträger dieselbe Höhe, wie die übrigen Querträger und in dem Endfelde wurden dann trapezförmige Schwellen eingelegt, so dass die letzte Schwelle parallel zum Endquerträger, also parallel zum Widerlager liegt. Auf dem Bahnkörper wurde dann ebenfalls mit schräg liegenden Schwellen begonnen und nach und nach in die normale Lage zurückgekehrt. Bei schieferem Schnittwinkel ist diese Anordnung nicht gut ausführbar, es wurden desshalb sämmtliche Schwellen normal zu den Hauptträgern gelegt und die schrägen Endquerträger so niedrig gemacht, dass die Schwellen mit 1/2" (13 mm) Ueberschneidung darüber hinweggehen konnten.

Die letzten Schwellen liegen daher zugleich auf der Brücke und auf dem Bahnkörper, sind aber mit der Brücke sämmtlich solide verschraubt. Die Endquerträger, welche von einem Hauptträger zum anderen freiliegend die Belastung nicht tragen können, sind deshalb, da sie ganz über dem Mauerwerk liegen, an geeigneten Stellen durch besondere Schuhe unterstützt, und dienen eigentlich nur noch als Querverbindungen.

In der nachfolgenden Tabelle (pag. 78—81) sind die wesentlichsten zur Ausführung gekommenen Constructionen eiserner Ueberbauten nach ihren Hauptmaassen zusammengestellt.

Zusatz zu der Tabelle über die Brücken der Venlo-Hamburger Bahn.

Die neueren Vorschriften der Köln-Mindener Bahn vom 2. Mai 1876 enthalten einige Aenderungen. Die für den vorliegenden Zweck in Frage kommenden wesentlichen sind folgende:

1) Ist l_1 die lichte Weite der Brücke in Metern, so wird, vorbehaltlich der Ergebnisse der genaueren Construction, die Stützweite oder Berechnungsweite angenommen in Metern

$$l = 0^m,3 + 1,04\, l_1$$

2) Gewichte pro Cubik-Decimeter: Schmiedeisen 7,78 Kil.; Gusseisen 7,25 Kil.; Gussstahl 7,85 Kil.; Blei 11,40 Kil.; eines Cubik-Meters Eichenholz 800 Kil.; Tannenholz 650 Kil.

3) Zulässige Beanspruchung pro □Cent. Schmiedeeisen auf Zug und Druck. sowie der Niete auf Abscheerung a) bei Brücken bis 8^m Stützweite 600 Kil.; b) bei Brücken von 8^m und darüber 730 Kil.; c) bei allen Zwischen-Constructionen, als Querträger, Schwellenträger, so wie bei den Diagonalen und Vertikalen der Fachwerkträger 600 Kil. Ist bei gedrückten, an beiden Enden unverrückbar befestigten Stäben die Länge grösser als 21mal die kleinste Dimension, so muss die Inanspruchnahme verringert werden.

Der Nietlochquerschnitt (Durchmesser mal einfache Blechdicke) soll bei Constructionen sub a und c höchstens mit 900 Kil.; bei denen sub b höchstens mit 1100 Kil. beansprucht werden. — Gusseisen auf Druck pro □Cent. 730 Kil.; auf Zug (welche Art der Inanspruchnahme möglichst zu vermeiden) 250 Kil.; Holz auf Zug und Druck 70 Kil.; Auflagersteine 20—30 Kil. höchstens; Ziegelmauerwerk 7 Kil.

4) Die zu Grunde gelegte 3-achsige Tender-Locomotive ist mit 14000 Kil. pro Achse angenommen, symmetrisch zur Mitte, mit äusserstem Radstande von 3^m und mit $8^m,5$ ganzer Länge. Stösse sind nicht besonders berücksichtigt.

5) Die Durchbiegung der Hauptträger (wo es sich um Lichthöhe handelt) ist durchschnittlich zu $\frac{1}{950}$ der Nutzweite anzunehmen.

6) Quer- und Schwellenträger sind nach der ungünstigsten Radstellung der Locomotive, ohne Rücksicht auf die Lage etwaiger Querschwellen über den Schwellenträgern, zu berechnen, damit erstere beliebig gelagert werden können. Bei Fahrbahnen aus Quer- und Schwellenträgern ist nur bis 10^m Stützweite die Uebertragung der Belastung auf die Hauptträger als an den Anhaftungsstellen der Querträger geschehend, anzunehmen; bei grösseren Stützweiten ist bezüglich der Berechnung der Hauptträger anzunehmen die Last rolle, nach der unten folgenden Tabelle, gleichmässig vertheilt zwischen oder über den Hauptträgern. Wenn die Schwellen direct auf den Hauptträgern ruhen oder Querträger resp. Stege (bei Zwillingsträgern) in 1^m Entfernung angeordnet sind, so ist auf die Schwellen oder Querträgertheilung keine Rücksicht zu nehmen, sondern die Hauptträger sind unter der Voraussetzung zu berechnen, die Locomotiven rollten direct über die Hauptträger.

7) Hiernach ist folgende Tabelle des Eigengewichtes (Schmied-Eisen, Holz und Schienen) der kleineren Brücken mitgetheilt:

Stützweite . . . . Meter	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Gewicht pro lfden. Meter und Gleis . . . . Kilogr.	770	790	810	830	860	890	910	940	970	1000	1040	1080	1100

für zwischenliegende Stützweiten ist zu interpoliren.

Das Gewicht der Eisenconstruction der Brücke selbst (ohne Schienen) kann für leichte Constructionen, wo die Fahrbahn über den Trägern liegt (Fig. 1, Taf. II) pro laufenden Meter und Gleis angenommen werden:

a) Für Stützweiten von 1—5^m zu 400—550 Kilogr.;
b) Für Stützweiten von 5—10^m zu 550—750 Kilogr.;

Für schwere Constructionen mit Fahrbahn zwischen den Trägern (Fig. 2, Taf. III).

a) Für Stützweiten von 1—5^m zu 500—650 Kilogr.;
b) Für Stützweiten von 5—10^m zu 650—950 Kilogr.

Ferner wird folgende Tabelle mitgetheilt.[1])

[1]) *Vergl. über Bestimmung des Volumens resp. Eigengewichtes von Brücken: Ritter, Ing.-Mechanik 1876; v. Kaven, ökonomische Brückenweite, Zeitschr. des hannov. Arch.- und*

Stützweite. Meter.	Mobile Belastung m pro lfd. Meter und Gleis. Kilogr.	Eisengewicht der Construction pro lfd. Meter und Gleis. Kilogr.	Gewicht der Fahrbahn: Holz, Schienen und deren Befestigung. Kilogr.	Totales Eigengewicht p pro lfd. Meter und Gleis. Kilogr.	Totalbelastung. m + p Kilogr.
10	7000	700	450	1150	8150
20	6000	1100	300	1400	7400
30	5300	1300	400	1700	7000
40	4900	1600	400	2000	6900
50	4500	1900	400	2300	6800
60	4200	2200	400	2600	6800
70	4000	2500	400	2900	6900
80	3800	2800	500	3300	7100
90	3700	3100	600	3700	7400
100	3500	3100	600	4000	7500

Das Eisengewicht in Col. 3 ist nach der Formel $q = 400 + 30\ l$ Kil., wo l die Stützweite in Metern, berechnet. Nach Vollendung des Projectes wird das ermittelte Gewicht mit dem angenommenen verglichen und event. die Construction rectificirt.

8) Die Entfernung der Schwellenträger sowie der Hauptträger, insofern letztere die Schwellen des Gleises direct tragen, soll zu $1^m,9$ angenommen werden (statt dass ad b der Bestimmungen für die Venlo-Hamburger Bahn diese letzteren Entfernungen variirten und mit der Weite grösser wurden.)

Note. Für die Berechnung der geringsten Entfernung der Träger, wenn die Fahrbahn über denselben liegt, damit die Brücke bei Wind- und sonstigen Seitendrücken nicht kante (wobei auch in Curven die Centrifugalkraft hinzu kommt) vergl. Winkler: Vorträge über Brückenbau IV. Heft. 1876, Querconstructionen. — Doch sollte man sie (wenn das Eigengewicht nicht ausreicht) durch Verankerung an den Auflagern, oder Verbreiterung am Auflager durch seitliche Vorsprünge, Versteifungen oder Consolen, gegen Umkippen bei Entgleisungen der Locomotive, oder eines Zuges stabil machen. Vergl. Vorschriften Venlo-Hamburg ad 8 und 10. — Ein interessantes Beispiel ist die Brücke über den Cervaro (in der Eisenbahn Bovino-Ariano), von 36 Meter Lichtweite, Paralleträger $2^m,90$ hoch, Träger $1^m,50$ von Mitte zu Mitte, tragen auf hölzernen Langschwellen direct die Schienen. Abbildung im Album de 36 ponts métalliques par A. Cottrau. — Für 2-gleisige Bahn Brücke über die Aare bei Bern, Gitterträger 3 Oeffnungen $50^m,1$ — $57^m,3$ — $50^m,1$ oben Fahrbahn für Bahn, unten für Strasse, 2 Träger $5^m,89$ hoch und $5^m,1$ von Mitte zu Mitte entfernt, die äussersten Schienen liegen über den Hauptträgern. — Vergl. auch Alcanadra-Brücke aus „Humber, iron bridges" 74,43 Meter Weite, $5^m,33$ hoch, 2 Träger $3^m,5$ von Mitte zu Mitte. — Ueber den Leck bei Kaufering (Winkler a. a. O.) $6^m,84$ hoch, Träger $2^m,7$ von Mitte zu Mitte, eingleisig.

9) Endlich ist die Entfernung der Hauptträger bei Brücken mit Fahrbahn zwischen den Trägern je nach der disponiblen Constructionshöhe, mit Berücksichtigung des Normalprofils thunlichst zu $2^m,0$, $2^m,6$, $3^m,1$, $3^m,7$ oder $4^m,4$ von Mitte zu Mitte zu nehmen. (Fig. 3—7, Taf. II).

Ing.-Vereins XIV. 1868 p. 401–415. Auch Laissle und Schübler, Bau der Brückenträger; Winkler, Vorträge über Brückenbau. — Ueber Annahmen betreffs mobiler Last bei Strassen- und Eisenbahnbrücken, Heinzerling, die widerstehenden und angreifenden Kräfte; Osthoff in Heus. Spec. I. 1877 p. 530 etc. mit Angaben allgemeiner Formeln von Launhardt; das Werk von Laissle und Schübler; Zimmermann, das Momentenschema in Zeitschr. d. hann. Arch.- und Ing.-Vereins XXIII. 1877. p. 61. — Eigengewichte von Brücken: Seefehlner, Tabelle zur Berechnung der Eigengewichte eiserner Brücken für Bahnen, 1874. — Deutsches Bauhandbuch 1874. II. Hülfswissenschaften p. 231—234.

Zusammen

der eisernen Brücken der Bahn

nach ihrer Construction, ihre

Laufende Nro.	Normale lichte Weite einer Oeffnung.		Winkel der Pfeiler-achse zur Bahn-achse.	Anzahl der Haupt-träger für ein Gleis.	Constructions-Höhe. Vertical-Entfernung zwischen Schwellen-Oberkante und		Con-struction	Höhe	Länge	Länge des Auflagers von der Innenkante des Widerlagers bis zur Rückenmauer, in der Bahnachse gemessen.
					Unterkante der Hauptträger.	Oberkante der Auflage-Quader.	der Hauptträger.			
	Fuss preuss.	Meter.			Millim.	Millim.		Millim.	Meter.	Millim.
										A. Rechtwinklige
										1. Construction mit
										a. Constructionen mit zwei oder drei
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4	1,255	90°	2	445	477	I Eisen	301	2,144	549
2	6	1,883	»	2	464	497	I Eisen	320	2,772	549
3	8	2,511	»	2	543	575	I Eisen	399	3,490	549
4	10	3,139	»	2	565	598	I Eisen	422	4,132	601
5	12	3,767	»	2	575	608	I Eisen	431	4,760	601
6	14	4,394	»	2	628	680	Blechträger	484	5,544	680
7	16	5,022	»	2	771	824	do.	628	6,120	654
8	16	5,022	»	2	628	680	do.	484	6,015	601
9	18	5,650	»	2	719	771	do.	575	6,642	628
10	20	6,278	»	2	928	980	do.	785	7,427	680
11	20	6,278	»	3	781	827	do.	637	7,262	597
12	24	7,534	»	2	935	987	do.	791	8,789	732
13	28	8,780	»	2	719	771	do.	575	9,855	654
14	32	10,045	»	2	1229	1281	do.	1085	11,192	680
15	35	10,987	»	2	1020	1072	do.	889	12,742	732
16	84	26,369	»	2	2942	3295	Doppeltes Gittersystem	2746	27,196	863
										b. Constructionen mit 4 Hauptträgern. Jede
					Vertical-Entfernung zwischen Schienenunterkante und					
					Unterkante der Hauptträger.	Oberkante der Auflager-Quader.				
					Millim.	Millim.				
17	4	1,255	90°	4	157	190	I Eisen	209	2,040	0,407
18	8	2,511	»	4	262	294	I Eisen	301	3,442	0,549
19	12	3,767	»	4	183	219	Blechträger	314	4,709	0,575
20	14	4,394	»	4	265	298	I Eisen	393	5,387	0,601

stellung
von Wesel nach Harburg
Maassen und Gewichten.

Auflagerschuhe		Normale Entfernung der Querverbindungen oder Querträger von einander.		Entfernung der		Erforderliches Material zum Oberbau.				Bemerkungen.
Länge, in der Bahnachse gemessen.	Breite, normal zur Bahnachse.		Anzahl der Felder.	Hauptträger eines Oberbaues von einander.	Mitten beider Gleise von einander.	Schmiedeeisen.	Gusseisen.	Blei.	Holz.	
Millim.	Millim.	Meter.		Millim.	Meter.	Kil.	Kil.	Kil.	Cubikmeter.	
Ueberbrückungen.										
eingleisiger Fahrbahn.										
Trägern unter der eingleisigen Fahrbahn.						Für eine Oeffnung und ein Gleis.				
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
418	288	1,961	1	1570	3,556	400	126	39	1,567	
418	288	1,230	2	1570	3,556	705	144	39	1,919	
418	288	1,530	2	1570	3,556	880	144	39	2,334	
471	392	1,883	2	1570	3,556	1415	214	44	2,987	
471	392	1,464	3	1570	3,556	1860	222	46	3,410	
471	392	1,674	3	1570	3,556	2395	200	44	4,156	
497	392	1,883	3	1570	3,556	2590	262	44	4,468	
471	418	1,883	3	1570	3,556	2910	244	45	4,180	
530	471	2,157	3	1570	4,709	3425	260	55	4,284	
575	392	1,674	4	1570	3,556	3715	278	49	5,256	
471	366	2,193	3	1317	3,556	3450	288	68	4,498	Von der hannoverschen Staatsbahn übernommen.
575	392	2,040	4	1570	3,556	4730	278	49	6,351	
530	471	1,935	5	1570	3,556	8080	400	64	7,064	
575	471	2,197	5	1570	3,556	7380	468	37	8,113	
575	471	1,994	6	1570	3,556	9050	350	53	9,165	
628	705	2,720	10	1778	3,556	26215	1880	125	18,15	
Schiene liegt zwischen zwei Trägern (Zwillingsträgern) auf kurzen eisernen Querstegen.										Die Constructionshöhe ist auf Schienen-Unterkante bezogen, da die Schienen nicht auf Schwellen liegen.
288	530	0,610 *) resp. 1,471	3 1	327 1184 327	3,556	610	162	37	0,972	Die Zahlen in Rubrik 16 bedeuten die Entfernung der Zwillingsträger von Mitte zu Mitte, und die des inneren Trägers von dem andern inneren Träger von Mitte zu Mitte.
314	549	0,630 resp. 1,562	6 2	346 1197 346	3,556	1400	175	43	1,639	
418	614	0,758 resp. 1,570	6 3	418 1093 418	3,556	2820	200	80	2,591	*) Die oberen Zahlen in Rubrik 14 bezeichnen die Entfernung der zwischen dem Zwillingsträger liegenden eisernen Schienenträger (Querstege), die unteren die der Querverbindungen.
314	601	0,575 resp. 1,595	9 3	373 1138 373	3,556	3380	190	44	2,486	

Laufende Nro.	Normale lichte Weite einer Oeffnung. Fuss preuss.	Meter.	Winkel der Pfeilerachse zur Bahnachse.	Anzahl der Hauptträger für ein Gleis.	Constructions-Höhe. Vertical-Entfernung zwischen Schwellen-Oberkante und Unterkante der Hauptträger. Millim.	Oberkante der Auflage-Quader. Millim.	Construction der Hauptträger.	Höhe Millim.	Länge Meter.	Länge des Auflagers, von der Innenkante des Widerlagers bis zur Rückenmauer, in der Bahnachse gemessen. Millim.
										c. Constructionen mit 2 Hauptträgern
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21	20	6,278	90°	2	481	532	Blechträger	785	7,427	689
22	24	7,534	„	2	481	532	do.	791	8,759	732
23	30	9,147	„	2	621	647	do.	942	10,617	628
24	40	12,556	„	2	942	994	do.	1255	13,956	837
25	40	12,556	„	2	471	523	do.	1255	13,956	837
26	50	15,695	„	2	513	553	do.	1334	17,154	837
27	75	23,543	„	2	732	1072 resp. 0,992	Fachwerk-Träger.	2700	25,313	1020
										II. Construction mit
										a. die zweigleisige Fahrbahn
28	2 · 15 + 2 · 10 = 50	2 · 4,708 + 2 · 3,139 = 15,695	„	2	451	503	Blechträger	425	16,579	530
29	186	58,385	„	2	1098	1804	Fachwerks-Träger.	8433	60,642	1569
										B. Schiefwinklige
										Constructionen mit
										a. mit 2 Hauptträgern
30	24	7,534	39°38′	2	464	523	Blechträger	1255	13,408	981
31	28	8,789	44°30′	2	464	529	do.	1255	15,730	1791
										aus besonderen Gründen
32	28	8,789	45°37′	2	467	516	do.	1255	13,800	915
33	28	8,789	23°13⅓′	2	471	811	Fachw.-Tr.	2680	25,261	2589
34	35,375	11,101	83°15′	2	791	846	Blechträger	1046	—	837
										b. mit 2 Hauptträgern
35	16	5,022	58°40′	2	785	837	do.	641	6,908	641
36	24	7,534	39°40′	2	1151	1190	do.	1020	13,859	981
37	28	8,789	27°41⅓′	2	2106	2119	Doppeltes Gitter-System.	1935	20,423	1605
38	30	9,147	35°57′	2	1621	1674	Blechträger	1464	17,677	1072

Auflagerschuhe.		Normale Entfernung der Querverbindungen oder Querträger von einander.		Entfernung der		Erforderliches Material zum Oberbau.				Bemerkungen.
Länge, in der Bahnachse gemessen.	Breite, normal zur Bahnachse.		Anzahl der Felder.	Hauptträger eines Oberbaues von einander.	Mitten beider Gleise von einander.	Schmiedeeisen.	Gusseisen.	Blei.	Holz.	
Millim.	Millim.	Meter.		Millim.	Meter.	Kil.	Kil.	Kil.	Cubikmeter.	
neben der eingleisigen Fahrbahn.						Für eine Oeffnung und ein Gleis.				
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
575	392	1,804	4	2563	3,556	5780	278	49	2,668	
575	392	2,144	4	2563	3,556	7090	278	49	3,191	
549	366	2,516	4	2667	3,556	9005	256	102	3,455	
628	471	2,197	6	2667	3,556	12945	442	94	5,566	
628	471	1,974	7	3609	4,237	13115	428	94	5,952	
706	575	1,853	9	3609	4,237	19235	680	103	7,653	
837	471	2,484	10	4419	5,022	28005	1155	106	—	
zweigleisiger Fahrbahn.										
liegt zwischen 2 Hauptträgern.						Für eine Oeffnung und zwei Gleise.				
366	471	1,869 1,674	6 4	1961	4,708 5,022 5,650	7892	4810	317	10,955	
1464	1203	3,767 *)	17	8577	3,556	260510	17720	414	32,248	*) In der Mitte, an den Enden weniger.
Ueberbrückungen.										
eingleisiger Fahrbahn.										
neben der eingleisigen Fahrbahn.						Für eine Oeffnung und ein Gleis.				
628	471	1,732	—	3609	4,237	12910	678	148	7,362	
1412	497	1,909	—	3609	4,237	15715	1490	180	8,879	
aus besonderen Gründen.										
171	314	2,014	—	3609	4,237	14230	736	141	9,100	
837	628	2,472	—	4394	5,022	30250	2290	288	16,295	
628	543	2,380	—	—	—	—	—	—	—	Die Brücke liegt auf dem Bahnhofe, daher vielfach besondere Umstände und Verhältnisse.
unter der Fahrbahn.										
471	418	1,666	—	—	3,556	3525	230	63	5,885	
628	471	1,666	—	—	3,556	8600	400	70	12,024	
706	628	1,866	—	—	3,556	19400	1850	107	23,262	
706	471	2,301	—	—	3,556	15300	550	79	16,793	

6. Empirische Formeln für die Stärke von Mittelpfeilern.

Die obere Stärke der Mittelpfeiler, bei mit Balkenträgern (hölzernen oder eisernen) überdeckten Oeffnungen, wird von Einigen nach folgenden Formeln berechnet:

1) Nach G. Meyer soll (für Brücken kleiner Spannweite) passend sein

$$b = 1{,}5 + \frac{l^2}{2000}$$

2) nach Becker, mehr für grosse Weiten passend,

$$b^m = 0{,}76 + 0{,}147\ h \sqrt[3]{\frac{l}{h}}$$

welche Formeln auch für Pfeiler gewölbter Brücken ebenfalls gelten sollen.

3) Fränkel findet mit Berücksichtigung der grössten Stromgeschwindigkeit v^m bei Hochwasser (nach einigen sächsischen Balkenbrücken von Eisen):

$$b^m = 0{,}26 + 0{,}61\ l - 0{,}00058\ l^2 + 0{,}0009\ v\ h_1\ l$$

Die untere Pfeilerstärke findet sich aus der oberen und dem Anlauf oder der Dossirung der Pfeiler. Letztere kommt von $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{20}$ vor.

In obigen Formeln bedeuten l die lichte Weite der Oeffnung, b die Breite des Pfeilers oben, h die Höhe des Pfeilers vom ersten Fundamentabsatze gerechnet, h_1 den grössten Hochwasserstand über der Flusssohle.

Die Stärke der Landpfeiler nicht gewölbter Brücken ist so zu wählen, dass sie, für sich als Futtermauern betrachtet, stabil sind (wobei viel auf die Form der Flügel, ob normal gegen die Bahnachse, parallel mit derselben, oder dazwischen liegende schräge Richtung ankommt) und dass die Resultante aus Erddruck, Gewicht des Pfeilers und Druck durch den Gewichtsantheil der belasteten Brücke, die Fundamentsohle etwa pro □Centimeter mit 2--2½ Kil. bei gewöhnlichem, und 4—5 Kilogr. bei festem, felsigen Untergrunde belaste und dabei möglichst nahe der Mitte des Fundaments durchgehe. Nirgendwo darf durch Kantenpressung das Doppelte der erwähnten Drücke erreicht werden.

Bei Halbkreisbögen mit nicht sehr hohen Pfeilern rechnen Einige wohl für die obere Dicke des Pfeilers die 2½ bis 3fache Gewölbstärke von Quadergewölben im Scheitel, oder wenigstens doch die 2fache Gewölbstärke plus $0^m{,}33$.

Anmerkung. Die gefundenen Werthe dienen nur zur Vergleichung mit aus theoretischen Betrachtungen und nach den Regeln des Brückenbaues zu ermittelnden Dimensionen, wobei, unter Berücksichtigung des Materials, eine kritische Vergleichung mit ausgeführten Objekten überdies nicht unterbleiben darf.

Ueber Kosten der Fundirung, Dimensionen grösserer Brückenpfeiler werden jetzt in Deutschland Zusammenstellungen gemacht. Vergl. z. B. Deutsche Bauzeitung Nr. 89 und 91, Jahrg. 1876; Dieselbe 1877 Februar Nr. 16, April 7, Nr. 28 pag. 137; Nr. 30 pag. 145 etc., auch Notizblatt des Arch.- u. Ing.-Vereins für Niederrhein und Westfalen II. 1876, pag. 103 über Fundirung grosser Brücken von Funk und Anhang von Buresch.

Ueber Pfeiler vergl. noch Trac. L. XVII. 9 Nördling, Mémoire sur les piles etc.— Vrb. XVII. 20. Meyer.

Notiz über den Werth und die Leistungsfähigkeit empirischer Formeln.

Empirische Formeln können zur Vergleichung mit aus theoretischen Untersuchungen gewonnenen Resultaten und zur Controle derselben dienen. Die Unterschiede, welche sich gegen specielle Berechnungen oft herausstellen, beruhen, eine rationelle Herstellung und richtige Grundlagen der empirischen Formeln übrigens vorausgesetzt, meistens in der Wahl der Bruch-Coefficienten für ein gegebenes Material an sich, welche sehr verschieden angegeben sich finden, und dann des sogenannten Sicherheitsgrades, dessen Bestimmung für jeden Fall aus theoretischen und praktischen Erwägungen, in Anlehnung an ausgeführte Bauwerke oder in Erinnerung an eigene Praxis zu geschehen hat. Auch kann man nicht Formeln herstellen, welche alle Umstände berücksichtigen und gleichmässig für kleine und grosse Bauwerke zutreffen. Es zeigen sich daher mancherlei Abweichungen unter den von bewährten Ingenieuren in ähnlichen Fällen gewählten Dimensionen, die auf Erfahrungen und Ansichten der Einzelnen beruhen und deren Motive nicht stets aufzufinden sind. Das Bestehen eines Bauwerkes beweist wenig für die Richtigkeit der gewählten Dimensionen, denn es kann dasselbe (namentlich Stein-Construction) nahe der Stabilitätsgrenze oder der Grenze der zulässigen Inanspruchnahme des Materials sein, ohne dass man dies mit Sicherheit beobachten kann.

Je gleichmässiger und zuverlässiger das Material und je mehr man die gute Ausführung der Arbeit sichern kann, oder je mehr sie zu geschehen pflegt — (Gegensatz: Ausführung eiserner Brücken und Bruchsteinmauerwerk) — um so mehr sind die theoretisch gewonnenen Resultate zulässig, wesshalb man beispielsweise solche bei Eisenconstructionen directer und sicherer verwerthen kann, als bei Mauerwerk.

Praktische Gesichtspunkte bei Ermittelung des Sicherheits-Grades.

1) Dynamische Wirkung bewegter Lasten. Stösse, Erschütterungen, rasch der Grösse nach in demselben Sinne variirende, oder in verschiedenem Sinne wechselnde Beanspruchung, mehr oder weniger Verarbeitung der Stosswirkung durch elastische Unterlagen — (Holzschwellen auf Mauerwerk namentlich bei kleinen Brücken), Vertheilung localer Drücke (durch Kies-Unterlage etc. auf massiven Bauwerken) — sind zu berücksichtigen. Die Masse des Bauwerkes verglichen mit der Masse der sich darüber bewegenden Last kommen in Frage; die Tactmässigkeit der Stösse (gleich lange Schienen und Wagen von gleichem Radstande bei kleinen Brücken) vermehrt deren nachtheilige Wirkung. Die Steigerung der Inanspruchnahme bei sich hinüberbewegender Last ist (wegen der Massen) daher meistens um so grösser, je kleiner die Bauwerke (Brücken) sind, und z. B. bei wenig überschütteten Brücken grösser, als bei solchen unter hohen Dämmen. Die Drucklinie erfährt durch die sich bewegenden (einseitigen) Belastungen bei kleinen gewölbten Brücken mehr Verschiebung (nach den Kanten) als bei grossen Gewölben. Lockerung des Verbandes, Zerstörung des Bindemittels oder des Mittels zur Druckvertheilung (Mörtels) oder des Materials selbst können durch Vibrationen entstehen; grössere oder geringere Elasticität des Materials selbst, betreffs Verarbeitung von Stosswirkungen, kommt in Rücksichtnahme.

2) Grösse der gedrückten Fläche. Im Allgemeinen kann der zulässige Druck pro Einheit der Fläche grösser sein, je grösser die gedrückte Fläche selbst ist. Das Gesetz der zulässigen Vermehrung ist indessen nicht leicht durch Versuche aufzufinden, weil die Herstellung grosser Drücke durch Versuchsapparate schwierig ist. Eben so kann, wenn ein Theil einer Fläche gedrückt wird, (eiserne Stütze auf grösserer Stein-Unterlage) der Druck auf die Einheit dieses Theiles grösser sein, als wenn derselbe für sich bestände. Wenn Alles auf einen Constructionstheil aus einem Stücke ankommt (z. B. Säule), muss man weniger Inanspruchnahme zulassen, da das Material fehlerhaft sein kann, während die Wahrscheinlichkeit, dass dies der Fall sei, bei mehreren Stücken ge-

(Fortsetzung pag. 88.)

Dimensionen der Pfeiler von Brücken

(Aus Brücken- und Thalübergänge schweizerischer Eisen-

(Im Auszuge in Zeitschrift des hannov.

Benennung der Brücke und wo sie gelegen.	Construction derselben.	Zweck derselben.	Oeffnungen		Dicke der Pfeiler.					
					Obertheil		Mittelstück		Sockel	
			Anzahl.	Weite jeder.	Höhe.	Dicke oben und unten.	Höhe.	Dicke oben und unten.	Höhe.	Dicke oben und unten.
					Meter.	Meter.	Meter.		Meter.	
Ueber die Frenke bei Liestal.	Gitterträger	in 2-gleisiger Bahn	3	16,8	10,3	1,93 2,25	—	—	2.7	2,45 2,25
„ „ Grosse Emme bei Derendingen.	desgl.	in 1-gleisiger Bahn	3	24,00 28,80 24,00	0,975	2,25 2,25	3,9	2,4 2,7	0,9	3,15 3,15
„ „ Kleine Emme bei Emmenbaum.	desgl.	desgl.	4	24,00 28,80 21,00	0,90	2,25 2,25	3,0	2,85 2,85	0,6	3,0 3,0
„ „ Grosse Emme bei Burgdorf.	desgl.	in 2-gleisiger Bahn	3	24,00 28,80 24,00	0,9	2,33 2,33	—	—	3,75	2,45 2,67
„ „ Aare bei Solothurn.	desgl.	in 1-gleisiger Bahn	3	28,80 31,20 28,80	1,35	2,25 2,25	6,0	2,55 2,85	4,8	3,45 im Mittel
„ „ Birs bei Basel.	desgl.	in 2-gleisiger Bahn	3	24,00	5,55	2,40 2,40	—	—	3,90	2,55 2,55
„ des Worblaufenthal bei Bern.	desgl.	desgl.	3	24,0 28,8 24,0	17,10	2,40 2,93	2,1	3,30 3,30	9,9	3,75 3,75
„ die Aare bei Bern.	desgl.	desgl.	3	50,1 57,3 50,1	2,4	3,75 3,75	27,0	4,80 5,70	10,5	6,00 6,75
„ „ Aare bei Olten.	schmiedeiserne Bogen	desgl.	3	31,50	7,2	3,0 *) 3,0	6,6	4,80 5,10	3,45	5,40 6,30
Thalübergang bei Rümlingen.	Quadergewölbe, Halbkreis	desgl.	8	13,5	11,7	2,85 3,15	—	—	3,30	3,45 3,45
Thalübergang bei Goldach.	Quadergewölbe, Halbkreis.	desgl.	5	13,8	10,2	2,4 3,0	1,2	3,15 3,23	3,3	3,45 3,75

NB. Die Dicke der Pfeiler in der Richtung der Bahn, die Länge normal dagegen gemessen. Die ganze Höhe gilt vom Auflagerschuh der eisernen Brücken, oder vom Kämpfer der Bogenbrücke und der gewölbten Brücken. Die „Quadratmeter Ansicht“ begreifen die Fläche, welche begrenzt ist

der Schweizerischen Eisenbahnen.

bahnen von C. v. Etzel. Basel. Bahnmaier 1856.)

Arch.- und Ing.-Vereins V. 1859. pag. 299 etc.)

Höhe von Unterkante Sockel bis auf Oberfläche des Betons oder Rostes.	Länge der Pfeiler.				Bemerkungen.	Total-Kosten der Brücke.	Ganze Ansicht in □ Metern.	Kosten des □ Meters Ansicht in Mark.
	Ganze Höhe des Pfeilers.	Obertheil oben und unten.	Mittelstück oben und unten.	Sockel oben und unten.				
Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.		Mark.		
0,9	11,100	8,25 8,55	—	8,7 8,85	Pfeiler bis auf Sockel in $3^{m},45$ Länge durchbrochen, oben mit Halbkreis zugewölbt und verankert	74422	3117	24
—	5,775	4,5 4,5	6,75 7,20	7,65 7,65	Pfeiler massiv Quader	170592	2398	71
—	4,50	4,5 4,5	6,75 7,20	7,50 7,50	desgl.	210800	2880	73
0,75	5,40	8.4 8,4	—	10,8 } Vorköpfe 11,25 }	desgl.	169608	2220	76
—	12,15	4,5 4,5	6,75 } Vorköpfe 7,05 }	8,10 im Mittel	desgl.	283088	5550	51
1,20	10,65	8,1 8,1	—	10,50 } Vorköpfe 11,10 }	desgl.	189539	1966	96
—	29,1	8,4 9,45	9,90 9,90	10,2 10,2	Pfeiler in $3^{m},60$ der Länge durchbrochen, oben mit am Kämpfer verankertem Halbkreisgewölbe verschlossen.	169760	9072	19
—	39,9	6,75 6,75	7,50 9,60	9,90 10,8	Pfeiler hohl mit Aussparung, in der Dicke $1^{m},20$, in der Länge $3^{m},90$.	882880	22492	34
—	10,05	9,0 9,0	13,50 } Vorköpfe 14,10 }	14,4 16,2	*) Aufbau von Schienenunterkante bis Kämpfer; massive Pfeiler.	480000	6498	74
2,10	17,10	7,5 8,1	—	8,4 8,4	Quadergewölbe $1^{m},05$ im Scheitel, $1^{m},41$ am Kämpfer, Pfeiler massiv.	274667	11345	24
1,20	15,90	7,5 8,1	8,40 8,48	11,85 } Vorköpfe 12,15 }	Quadergewölbe $1^{m},00$ und $1^{m},90$ am Kämpfer, Pfeiler massiv.	229265	7808	29

von Oberkante-Träger bei den eisernen, oder Schienenunterkante bei den gewölbten und Bogenbrücken, Hinterseite der Widerlager und einer die Pfeilerfundamente verbindenden Linie. Die Oeffnungen voll gerechnet.

Für ähnliche Angaben vergl. Bauhandb. Brückenbau p. 146. Viaducte mit eisernen Pfeilern.

Dimensionen einiger

Lfd. Nro.	1. Benennung der Brücke und wo solche gelegen.	2. Construction derselben.	3. Zweck derselben.	4. Anzahl Oeffnungen.	5. Weite jeder der Oeffnungen. Meter.	6. Höhe der Pfeiler bis zum 1. Fundament-Absatz. Meter.	7. Höhe der Pfeiler von Fundamentabsatz bis Fundamentsohle. Meter.	8. Ganze Höhe der Pfeiler bis Fundamentsohle. Meter.
1	Wegebrücke bei Ossenfelde (Hannov. Bahn). Zeitschr. II.	Quader-Gewölbe	über 2-gleis. Einschnitt. Wegeüberführung 4m,64 Wegbreite	3	4,50 8,12 4,50	6,23	1,16	7,44
2	Wegebrücke bei Lühnde (Hannov. Bahn). Zeitschr. XV.	hölzernes Sprengwerk	über 2-gleis. Einschnitt. Wegeüberführung 5m,8 breit	3	7,92 9,28 7,92	1,89 bis Fuss der Sprengstreben 5,80 Unterbau	0,57	8,55
3	Wegebrücke bei Hobbensen (Hannov. Bahn). Zeitschr. XV.	verzahnte Träger	über 2-gleis. Einschnitt. Wegeüberführung 4m,64 Wegbreite	3	7,61 9,57 7,61	4,03	1,16	5,09
4	Englische Wegebrücke (Normalbrücke). Zeitschr. VIII.	Bruchstein-Gewölbe	über 2-gleis. Einschnitt. Wegeüberführung 3m,6 Wegbreite	3	6,69 7,80 6,69	3,43	0,60	4,63
5	Brücke über die Weser in Bremen. Zeitschr. XI.	Blechträger	Strassenbrücke 12m,2 breit	7	17,11	5,22	2,03	7,23
6	Viaduct bei Lecker (Venlo-Hamburg). Zeitschr. XVIII.	Backstein-Gewölbe	für 2-gleis. Eisenbahn	4	5,80	4,64 Aufbau 4,64 Unterbau	1,16	10,44
7	Normal-Brücke (alte Hannov. Bahnen).	Quader-Gewölbe	für 2-gleis. Eisenbahn	2	8,70	4,35	1,43	5,79
8	Brücke über die Rhume bei Nordheim. Not. II.	Quader-Gewölbe	Chausseebrücke 8m,41 von Stirn zu Stirn	5	12,18	3,48	2,00	5,48
9	Brücke über die Aller bei Verden (Hannov. Bahn). Zeitschr. IX.	früher Sprengwerk, jetzt Backstein-Gewölbe	2-gleis. Eisenbahn	23	13,72	3,92	1,74	5,66
10	Brücke über die Oker bei Oker (Vienenburg-Goslar-Bahn). Zeitschr. XII.	Quader-Gewölbe	1-gleis. Eisenbahn	2	14,50	1,16 Aufbau 1,74 Unterbau	2,61	5,51
11	Brücke über die Ilmenau (Hannov. Bahn). Zeitschr. VII.	früher Sprengwerk, jetzt Backstein-Gewölbe	2-gleis. Eisenbahn	6	16,24	3,03	1,16	4,21
12	Brücke über die Werra bei Münden (Hannov. Bahn). Zeitschr. II.	Quader-Gewölbe	2-gleis. Eisenbahn	6	17,40	3,77 Aufbau 6,09 Unterbau	2,61	12,47
13	Brücke über die Fulda bei Kragenhoff (Hannov. Bahn). Zeitschr. IV.	Quader-Gewölbe	2-gleis. Eisenbahn	5	20,88	12,16 Aufbau 7,76 Unterbau	1,16	21,10
14	Brücke über die Leine bei Letter (Hann. Bahn).	hölzernes Sprengwerk	2-gleis. Eisenbahn	8	11,60	7,31	1,60	9,09

Notiz ad Col. 6. Die Höhen in Col. 6 sind gemessen von dem Auflager der Schuhe oder Mauerlatten der Brückenträger, oder bei den massiven Brücken von der Kämpferfuge.

Hannoverschen Brücken.

9. Dicke der Pfeiler in der Richtung der Bahn: oben. Meter.	10. Dicke der Pfeiler in der Richtung der Bahn: über dem ersten Fundamentabsatze. Meter.	11. Länge der Pfeiler: oben. Meter.	12. Länge der Pfeiler: unten incl. Vorköpfe, wo solche vorhanden, über dem ersten Fundamentabsatze. Meter.	13. Gewölbestärke im Scheitel. Meter.	14. Gewölbestärke am Kämpfer. Meter.	15. Pfeil der Gewölbe. Meter.	16.	17. Kosten der ganzen Brücke. Mark.	18. Anzahl □ Meter Ansichtsfläche.	19. Kosten pro □ Meter Ansichtsfläche.	20. Jahr der Erbauung.
1,50	1,50	6,67	6,67	0,50 0,58 0,50	0,50 0,58 0,50	0,75 1,353 0,75	Pfeiler massiv	21000			1853
1,16 1,16 Aufbau	1,60 1,60 Unterbau	7,11	7,11	—	—	—	Pfeiler in 2m,00 der Länge durchbrochen, oben zugewölbt	—			—
1,31	1,31	5,37	5,37	—	—	—	desgl.	14000	164	86	1845
1,00	1,00	4,40	4,40	0,45 0,45 0,45	0,45 0,45 0,45	1,32 1,80 1,32	Pfeiler massiv von Quader	—	—	—	—
2,61	2,9	13,92	15,37	—	—	—	desgl.	—	—	—	—
1,45 1,45 Aufbau	1,74 1,74 Unterbau	7,11 7,11 Aufbau	7,40 7,40 Unterbau	0,60	0,60	Halbkreis 2,90	desgl.	60000	480	125	1872
1,74	2,10	11,17	11,58	0,77	0,77	1,45	desgl.	—	—	—	—
2,44	2,44	8,41	8,41	0,58	0,58	1,523	desgl.	120000	613	196	1829 bis 1830
2,25	2,68	10,73	11,16	1,00	1,25	2,10	desgl.	—		—	—
1,71	1,89	5,22 5,22 Aufbau	8,12 8,27 Unterbau	0,68	0,73	Halbkreis 7,25	desgl.	91000	800	114	1864 bis 1865
2,13	2,32	10,78	11,02	1,16	1,29	2,32	desgl.	—	—	—	—
2,32 2,54 Aufbau	2,54 3,05 Unterbau	8,70 9,00 Aufbau	13,05 13,63 Unterbau	0,89	0,94	Halbkreis 8,70	desgl.	490000	3655	135	1851 bis 1855
3,19 3,84 Aufbau	4,50 4,78 Unterbau	9,14 9,60 Aufbau	14,50 17,11 Unterbau	0,93	1,09	Halbkreis 10,44	desgl.	1128000	6185	183	1852 bis 1856
1,89	1,89	11,09	11,09	—	—	—	desgl.	—	—	—	—

Notiz ad Col. 18. Die Ansichtsfläche ist eingeschlossen durch die Begränzungslinien der Widerlager, Verbindungslinien der Fundamentsohlen des Mauerwerks der Pfeiler und Widerlager und der Linie durch Schienen-Unterkante. Die Oeffnungen voll gerechnet.

Zeitschr. resp. Not. bedeutet Zeitschrift resp. Notizblatt des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins.

ringer ist. Man muss auch hier nicht Alles an einen Nagel hängen. Bei Gewölbsteinen und stark gepressten ähnlichen Stücken kann der Druck pro Einheit der Fläche mit derselben wachsen, weil die Abfasung der Kanten (Druckschlag, Auskratzen der Fugen bis auf gewisse Tiefe, um den Druck von den Kanten fern zu halten) einen grösseren Procent-Antheil bei kleinen als bei grossen Flächen ausmacht, auch weil hier die Dicke der Quader von Lager- zu Lagerfuge (Pyramidenbildung beim Zerdrücken), verglichen mit den übrigen Dimensionen, relativ kleiner wird. Dagegen können wieder dünne plattenförmige Quader durch Biegung brechen, da gleichmässiges Aufliegen bei ihnen am schwersten zu erreichen ist.

3) Beschaffenheit und Ausführung des Mauerwerks, gleichmässiges Aufliegen, Grad der Lagerhaftigkeit, Beschaffenheit der Lagerfugen (sorgfältig geflächte Quader, lagerhafte Bruchsteine und Ziegelsteine, nicht lagerhafte Steine), Beschaffenheit des Mörtelbettes (Vergiessen der Quader weniger gut als Legen in ein Mörtellager) und daraus hervorgehende mehr oder weniger gleichmässige Vertheilung des Druckes auf die Lagerfläche, Gefahr des Brechens durch Biegung bei ungleichmässigem Aufliegen. Daher entscheidet nicht allein die Festigkeit des Steinmaterials, aus welchem das Mauerwerk hergestellt ist, und gutes Ziegelmauerwerk kann sicherer sein als Mauerwerk aus wenig lagerhaften Bruchsteinen, wenn diese auch an sich fester als Ziegel sind. Gleichmässigkeit des Mauerwerks kommt in Frage (z. B. Hintermauerung von Quadern durch Bruchsteine oder Ziegelsteine ist bei Brücken unter hohen Dämmen schädlich, ähnlich bei hohen Pfeilern; durch schnell erhärtenden Mörtel (Cementmörtel) kann dieser Uebelstand ungleichmässigen Setzens verschiedenartigen Materials verhindert werden, doch erfordert die Ausführung sorgfältige Ueberwachung. Quader und Bruchsteine dürfen nie auf den Spalt gestellt werden, sondern müssen ein Lager wie im Bruche erhalten.

4) Veränderung der Festigkeit durch Einflüsse der Atmosphäre, des Wassers, des Frostes, je nachdem das Mauerwerk stark und exponirt ist. Leichte oder erschwerte Vornahme von Reparaturen (Brücken unter hohen Dämmen), grössere oder geringere Wichtigkeit dass durch Mängel keine Störungen in der Benutzung entstehen, Grösse des Unfalles bei etwaigem Nachgeben — (Nachgeben von Pfeilern bei gewölbten Brücken gefährlicher als solcher bei eisernen etc.) — daher Wichtigkeit des Bauwerkes, kommen in Frage.

5) Zusammenfallen der Resultante der Druckkräfte mit dem Schwerpunkte der gedrückten Fläche ist wesentlich. Bei Gewölben kann bekanntlich der mittlere, gleichmässig vertheilt gedachte Druck sich auf das Doppelte an der einen Kante steigern und an der anderen Null werden, wenn die Drucklinie sich auf $^1/_3$ der Stärke des Gewölbes der ersteren Kante nähert (z. B. im Scheitel und an der Bruchfuge), wesshalb auch bei den festesten Gewölbquadern eine gewisse Stärke des Gewölbes nöthig ist und diese nicht proportional der Festigkeit des Steines abnehmen darf; wie denn auch ein gewisses Gewicht des Gewölbes nöthig ist (wobei auch die Form in Frage kommt), damit die mobile Last nicht zu grosses Wandern der Drucklinie verursache.

Zulässige Inanspruchnahme. In der gewöhnlichen Praxis rechnet man, bei gut ausgeführtem Quader-Mauerwerk, bei geringen Erschütterungen und je nach der Grösse der gedrückten Fläche $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ der Festigkeit des Steines gegen gleichmässig vertheilten Druck als zulässig. Dabei kommt es auf das Verhältniss der kleinsten Dimensionen (des Querschnitts) zur Höhe an, und die einzelnen Stücke dürfen nicht zu hoch sein, wesshalb eine Säule aus einem Stücke unzuverlässiger ist, als solche aus mehreren Trommeln.

Ziegelsteine zeigten in gutem Mauerwerk (Cementmörtel) etwa die Hälfte ihrer Festigkeit gegen Zerdrücken bei ruhender Last. Der erste Riss trat etwa bei $^2/_3$ der Belastung ein, welche das Mauerwerk zerstörte. Bis zum Eintreten des ersten Risses kann also das Mauerwerk mit $\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$ der Festigkeit der Steine, woraus es gemacht

ist, beansprucht werden. Verlangt man 10fache Sicherheit gegen den ersten Riss, so ist also, bei gewöhnlichen Dimensionen, $\frac{1}{30}$ der Zerdrückungsfestigkeit der Steine (wenn keine Erschütterungen vorkommen) zu nehmen. Bei Bruchstein-Mauerwerk wird man, je nach der Lagerhaftigkeit und der Ausführung (die gerade hier erheblich von Geschicklichkeit abhängt) noch weniger nehmen müssen. Auch kommt es auf das Verhältniss der kleinsten Dimension zu grössten an (Biegen, Ausbauchen) und auf die Gleichmässigkeit der Ausführung und daher gleichmässige Aufnahme und Vertheilung des Druckes (hohe Säulen, Schornsteine unter Abwechseln der mit verschiedenen Fugenstärken arbeitenden Maurer ausführen lassen etc.). Im Allgemeinen wird dagegen das Mauerwerk um so sorgfältiger ausgeführt, je schwächer es ist (englische Brücken, Hohlbauten etc.). Kommen Kantenpressungen vor bei wandernder Drucklinie (wie z. B. bei Gewölben, Widerlagern etc. wegen mobiler Last), so wird dies sorgfältig zu berücksichtigen sein. Ist z. B. bei Gewölben gebräuchlicher Weise die mittlere Inanspruchnahme unter Division der gesammten Pressung durch die Querschnittsfläche im Scheitel (Horizontalschub durch Querschnitt im Scheitel) ermittelt, so wird die so gefundene Inanspruchnahme bei Quader- resp. Backstein-Gewölben nur $^1/_{30}$ bis $^1/_{40}$ resp. $^1/_{60}$ der Zerdrückungsfestigkeit des Materials unter gleichen Umständen sein dürfen, vorausgesetzt, dass — was ausserordentlich schwierig ist — alle sonstigen Einflüsse sub 1—5 bei Bestimmung der gesammten Pressung gewürdigt waren und dass das Gewölbe schwer genug ist, um bei mobiler Last nicht zu grosse Verschiebung der Drucklinie zuzulassen, wobei wesentlich die Form der Gewölblinie in Frage kommt. *(Vergl. Heinzerling „die Brücken der Gegenwart. 2. Abtheilung: steinerne Brücken.“)*

Aus Allem Obigen geht hervor, dass auch der Erfahrene wohl thut, seine Constructionen mit zahlreichen ausgeführten Beispielen zu vergleichen und dass bewährte Normalien für Material bekannter Beschaffenheit und bei Angabe der Qualität des Mauerwerks (Quader, quaderartige Bruchsteine, gewöhnliche, etc.) grossen Werth haben.

Beispiele. Brücke über die Fulda bei Kragenhoff, von Sonne (Hannov. Südbahn), 20m,88 weit, Halbkreis, Quader. Mittlere Pressung im Scheitel 7,43 Kil. pro □ Cent., bei Sandstein von 700—800 Kil. pro □ Cent. Zerdrückungsfestigkeit, also etwa 100fache Sicherheit gegen mittlere (und 50fache gegen Kantenpressung) — Point du Jour-Brücke zu Paris, (Kreuter in Zeitschrift des oesterr. Arch.- u. Ing.-Vereins 1877), elliptische Bögen von 30m,25 Spannweite mit 14 Kil. pro □ Cent. an den Kämpfern und 15,5 am Schlussstein. Auf den Baugrund 2,5 bis 5 Kil.; 3—6 Kil. auf Betonfundament; 3,8—6,5 an der Pfeilerbasis. — Brücken in Frankreich aus Bruchsteinen in Cement (vergl. Kreuter a. a. O., auch Darcel. Annal. des ponts et chauss. 1855) mittlere Pressung im Scheitel 14,36 Kil. (Mühlsteinquarz.) — Aquaduct zu Avallon (Granit) keine Erschütterung, 20,42 Kil. — Französische Viaducte der Bourbonnais-Bahn zwischen St-Germain des Fossés und Roanne (Annal. d. ponts et ch. XVIII. 1859) variiren für Mauerwerk der Pfeiler (Bruchstein von Granit) die mittleren Drücke in der Kämpferschicht von 4,51 bis 5,37 Kil., an der Pfeilerbasis 4,80—6,96 Kil. Grösste mittlere Bodenpressung 3,70 –6,66 Kil. Für dies Mauerwerk wurden 7 Kil. pro □ Cent. als zulässiges Maximum der mittleren Pressung gehalten.

Starke Pfeilerdrücke sollen beim Aquaduct von Spoleto (Quader), unter Theodorich erbaut, mit 45,43 Kil. pro □ Cent. vorkommen; Aquaduct von Roquefavour 14,68 Kil., Aquaduct von Caserta (Quader und Ziegelstein) 18,72 Kil.; Pfeiler der Menai-Brücke (Quader) am Fuss 17,50 Kil. Beim Göltschthal-Viaduct kommen in den Pfeilern (aus Backsteinen) Pressungen von 10,32 Kil. pro □ Cent. vor, während die verwendeten Backsteine eine Zerdrückungsfestigkeit von 227—260 Kil. pro □ Cent. haben. Alles als mittlere Pressung verstanden.

Bei Eisenbahn-Constructionen (Erschütterungen) rechnet man durchschnittlich, in gewöhnlichen Verhältnissen, dass bei guten (lagerhaften) Bruchstein- und Ziegelmauer-

werk die Maximal-Pressung (Kanten-Pressung) nicht 8—10 Kil. pro Cent. übersteigen dürfe. Die Maximalpressung gewöhnlichen Baugrundes zu 4—5 Kilogr., bei Felsboden 8—10 Kilogr. Der mittlere Druck ist dann die Hälfte dieser Pressung. Da es indessen, obgleich der mittlere Druck in beiden Fällen sich gleich berechnet, viel ungünstiger ist, wenn der Druck an der einen Kante gleich Null, an der anderen das Doppelte des gleichmässig vertheilten ist, so sucht man bekanntlich bei allen Constructionen thunlichst zu erreichen, dass die Resultante der Maximaldrücke durch den Schwerpunkt der gedrückten Fläche resp. der Fundamentsohle gehe und dass die Querschnitte (Pfeilerkopf, Pfeilerbasis etc.) möglichst dieselbe Sicherheit bieten.

Tit. VIII.

27. Tunnels.

Werke über Tunnelbau Trc. L. XIX. 15 Schoen, 16 Rziha, auch Lorenz der Tunnelbau, Wien 1860; auch Ueb. 35.

Die Anlage eines Tunnels kommt in Frage:

1) Bei Ueberschreitung hoher Wasserscheiden, wo man sich den klimatischen Einflüssen meistens um so mehr entzieht, je tiefer die Tunnelmündungen liegen (Alpentunnel). *Ueber Alpentunnel: Trc. L. V. 23 Flachat; 12 Lommel; 13 Gotthardbahn; 14 Lucmanier; 26 Flachat, traversée des Alpes; auch Trc. Taf. V. 51.*

2) Da die Thäler nach oben hin steiler zu werden pflegen, so hat auch die Höhenlage des Tunnels um so mehr Einfluss auf die Wahl der steilsten Gradiente *(Trc. V. 51.)*

3) In sehr steilen Thälern mit geringer Möglichkeit in Seitenthäler hinein die Linie zu entwickeln, kann die erforderliche Länge der Linie, um eine gewisse Steigung zu erhalten, erheblich durch Anlage eines Tunnels, gegenüber der directen Ueberschreitung des Passes, abgekürzt werden.

4) Will man bei Thälern mit Thalstufen die Bahn nicht an den Hängen gleichmässig aufwärts führen, sondern im Thale (bessere Communicationen, bewohnte Orte etc.) bleiben, so kann man diese Thalstufen durch Entwicklung der Linie in Spiraltunneln im Hange neben der Thalstufe überwinden *(Gotthardbahn Vrb. XI. Hellwag.)*

5) Auch bei schleifenartigen Entwickelungen, wo Theile der Linien über einander liegen, kann man Tunnel meistens nicht entbehren. *Trc. Taf. III. Fig. 20ª u. Taf. C. Pensylvania-Bahn.*

6) In sehr gewundenen Thälern, wo die Bergnasen am Fusse geringeren Radius haben als die zulässige kleinste Curve der Bahn, ist man oft zu Tunneln gezwungen (Bahnen am Rhein). Bei starker Krümmung kleinerer Wasserläufe pflegt dann vor einer

oder vor beiden Tunnelmündungen je eine Brücke erforderlich zu werden. (Rhein-Nahe-Bahn, Lahn-Bahn, Eifel-Bahn.) *Trc. Taf. A. — Doppelblatt 1 Lüttich-Verviers — daselbst Charleroi-Namur, wo Bergnasen nicht so tief, dass Tunnel erforderlich, sondern nur Einschnitte. — Trc. Taf. 17 u. 18ª Eifelbahn.*

7) In unzuverlässigen Hängen macht man Tunnel parallel dem Hange und tief genug im festen Gestein, um von der Gefahr, dass der Hang (Geröllo etc.) bei Herstellung von Ein- und Anschnitten, oder während des Betriebes in Bewegung komme, befreit zu werden. *Trc. IV. 34. — Schwarzwaldbahn Trc. Text u. Taf. 4. — Arlbergbahn Vrb. XI. 6, auch daselbst 7 Gotthardbahn, Hellwag.*

8) Kostbarer Grunderwerb, wegen Durchschneidung zusammengehöriger Complexe (Gärten, bebauter Grundstücke, Fabrikplätze etc.), Wegräumung von Gebäuden bei Herstellung von Einschnitten, können letzteren einen Tunnel vorziehen lassen. Eventuell macht man bei nicht grosser Tiefe Wölbungen in Einschnitten, die man später überfüllt. *(Trac. V. 55. Matrei.)*

9) Die Anlage eines Tunnels kann einen grossen Umweg, den die Bahn vielleicht mit flacheren Steigungen als die Maximal-Steigung machen müsste, ersparen. Ein grosser Tunnel kann in gewundenen Flussthälern eine gänzlich veränderte Lösung der Frage der Bahn-Anlage herbeiführen (Tunnel der Moselbahn bei Alf und Tunnel bei Cochem (4200 Meter). *Trc. III. 20. — Taf. 17. Beispiel der Eifelbahn, Wilsecker Tunnel.*

10) Die Entwickelung einer Bahn in stark steigenden Thälern, die nicht directe Einkehr in Seitenthäler gestatten, erfordert manchmal Wiederkehren der Bahn und Durchbrechung von Wasserscheiden etwas entfernt liegender Thäler, wodurch Tunnel und Kehrtunnel nothwendig werden können. *(Schwarzwaldbahn in Trc. III. 21 u. Trc. 4.)*

11) Wildbäche mit flachen Erosions-Mulden, die häufig ihre Richtung ändern, überschreitet man mit von der Bergwand weit entfernt stehenden Brücken, oder durch unterirdisch gedeckte Führung der Bahn in ihrem ganzen Bereiche.

12) Bei Wildbächen, deren Schuttkegel bei jedem neuen Ergusse ihre Peripherie erweitern und deren Spitze sich gleichzeitig hebt, und die ihr Bett manchmal verlegen, kann ein langer Tunnel in der festen Felswand zweckmässiger sein als ein kurzes Unterfahren des mit Wasser durchfilterten Bachgeschiebes, — welches unberechenbare Kosten durch Zufälle beim Bau verursachen kann — obgleich im ersteren Falle der Tunnel und die anstossenden

Arbeiten kostspieliger sich veranschlagen. Beim kurzen Tunnel sind auch die Voreinschnitte bei seitlichem Ausbrechen des Baches gefährdet.

(Vergl. für Ausführliches Hellwag, Vrb. L. XI, 7. — Ueber Wildbäche, deren Behandlung und Regulirung: Vrb. L. XVII, 16 Pollitzer, 17 Hilbe, 18 Surell, auch Salis. Zeitschrift des österr. Arch.- u. Ing.-Vereins 1871.

13) Wenn man Steinfällen und Sturzhalden nicht ausweichen kann durch genügende Entfernung der Bahnachse von der Bergwand, und Schutzdämme oder Mauern an der bergseitigen Böschung des Einschnittes, wegen grosser und massenhafter Trümmer, nicht genügen, so ist die Führung der Bahn im Tunnel angezeigt und oft billiger als die Einwölbung oder Eindeckung der Bahn in offener Strecke.

14) Die Anlage halboffener Gallerien in steilen Felswänden verdient keinen Vorzug vor ganz geschlossenen Tunnels, da das Ausbruchsprofil grösser wird als das eines Tunnels, oder weil der Schutz der stehen bleibenden Pfeiler und die Quergewölbe mehr Mauerwerk erfordern und schwieriger auszuführen sind, als bei einem Tunnel. *Gallerie vergl. Trc. Doppeltafel 11, 5 Semmeringbahn.*

15) In einem in Auflösung und Bewegung befindlichen Gebirge, in welchem Felsbrüche und Erdschlüpfe in grossem Umfange stattfinden, ist die Herstellung eines Tunnels mit nicht vorauszusehenden Schwierigkeiten und Kosten verbunden, wesshalb die Trace solche Thalseiten vermeiden muss.

16) Beim Vorkommen von Lawinen (Grundlawinen, Lawinen in muldenförmigen Betten an Wiesengehängen der Thalwände und Staublawinen) ist eine unterirdische Führung der Bahn am sichersten.

17) Nicht blos die Herstellungskosten entscheiden, sondern auch die Unterhaltungskosten und die Rücksicht auf Sicherheit des Betriebes. Ist die Gebirgsart zu Rutschungen geneigt, so ist desshalb ein Tunnel einem tiefen Einschnitte vorzuziehen.

Man pflegt wohl anzunehmen, dass bei einer Tiefe der Voreinschnitte von 18—20 Meter diese pro Meter eben so theuer kommen wie ein Tunnel, doch hängt dies von einer speciellen Ermittelung mit Berücksichtigung des eben Angeführten ab.

Vergl. Trc. V. franz. Tunnel, Ausführl. in Ueb. 35. Tafel 9.

18) Die Bauzeit der Bahn kann durch einen ungünstig situirten und schwer zu bewältigenden Einschnitt oft weit mehr ausgedehnt werden, als durch einen etwa leicht zu forcirenden Tunnelbau.

19) Ein tiefer Einschnitt kann Haupt-Communicationen (Landstrassen, Eisenbahnen, auch Canäle) unterbrechen, dann ist ein Tunnel angezeigt oder nicht zu umgehen. (Zahlreiche Fälle in England, namentlich in der Nähe von London.)

20) Wenn die aus tiefen Einschnitten gewonnene Erdmasse kostspielig durch Transport oder Ablagerung unterzubringen ist, verdient manchmal ein Tunnel den Vorzug.

Der geringste Spielraum des Normalprofils im Tunnel gegen das fertige Mauerwerk sollte 2 bis 3 Decimeter betragen, wobei zu berücksichtigen, dass in Tunneln, die in Curven liegen, das Normalprofil sich schief stellt. Solche Tunnelprofile in Curven erweitert man desshalb und verschiebt die Gleisachse etwas nach der convexen Seite der Curve, um die Erweiterung möglichst zu reduciren. Vergl. Tunnelprofil: Rziha, Tunnelbau; und Schoen, Tunnelbau 2. Aufl. 1874. Einfache Form der Profile, die obere Hälfte bei zweigleisigen Tunneln nach einem Kreisbogen aus einem Radius, ist für die Ausführung erwünscht.

Vergleiche über verschiedene Tunnelprofile Ueb. 35. 8, daselbst auch Kosten verschiedener ausgeführten Tunnel. Für theoretische Form der Stützlinie bei Tunnels vergl. Ritter, Ingenieur-Mechanik 1876 pag. 399.

Der laufende Meter Tunnel kostet von 800 Mark bis 1500 Mark ohne Sohlengewölbe; mit Sohlengewölbe, zum Theil bis ganz versehen, bis zu 2400 Mark. Bei grossen Tunnellängen und schwierigen Bauverhältnissen können sich diese Kosten um 10—50 Procent erhöhen. Die Kosten der Portale von 4000 bis 6000 Mark pro Stück vertheilen sich ausserdem auf die Tunnellänge, wobei $1^1/_2$ bis 2 Meter Tunnellänge durch jedes Portal ersetzt werden, also von letzterer in Abzug kommen.

Eingleisige Tunnel breitspuriger Bahnen kosten etwa 60—80 Procent von dem, was zweigleisige Tunnel unter gleichen Verhältnissen kosten.

Literatur zum Nachlesen: Der Lioran-Tunnel in der Linie Arvant-Lot der Orleansbahn von W. v. Nördling. Allgemeine Bauzeitung (Förster) 1872, 37. Jahrg. p. 84—124. Ein lehrreicher Aufsatz, der eine gute Uebersicht gewährt, mit zahlreichen Abbildungen und graphischen Darstellungen des Fortganges der Arbeit. Der Tunnelbau von Rziha sehr ausführlich; Tunnelbau von Schoen; desgl. von Lorenz.

Tit. IX.

28. Besondere Vorrichtungen und Gebäude zum Betriebe geneigter Ebenen.

Letztere kommen selten mehr vor. (Vergl. Housinger, Handbuch der speciellen Eisenbahn-Technik Cap. XVII. von Stornberg.)

Tit. X.

29. Oberbau (nebst allen Nebensträngen und zugehörigen Ausweichungen).

Der Oberbau ist nach einem Maassstabe von $^1/_{30}$ der natürlichen Grösse zu zeichnen (Offic. Bestimmungen vom October 1871. § 6) und es ist ein Normalanschlag für eine Schienenlänge aufzustellen. Vergl. B. Einzelpreise Harburg-Hamburg, auch Plessner, Anleitung. Die Projecte der Bahnhöfe, welche später in $^1/_{1000}$ zu zeichnen sind, müssen feststehen (vergl. Tit. XII. unten). Vergl. auch die Ueberdruckzeichnungen.

Für secundäre Bahnen leichtere Schienen nach Maassgabe des Locomotivgewichtes und mit Berücksichtigung der betreffenden „Grundzüge“ und „Vereinbarungen deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“.

Ueber Dimensionirung und Berechnung von Schienen findet sich sehr Ausführliches in Vorträge über Eisenbahnbau von Dr. E. Winkler. Erstes Heft „Der Eisenbahnbau“. 3. Auflage. 1875.

Bedeuten k die zulässige Inanspruchnahme, für Schmiedeeisen etwa 800 Kilogr. pro □Centimeter, für Stahl 1000 Kilogr. pro □Centimeter, W das Trägheits-Moment des Schienenquerschnitts in Bezug auf die Schwerpunktsachse in Centimetern, l die Entfernung der Schwellen von Mitte zu Mitte und a den Abstand derjenigen äussersten Faser, welche am meisten vom Schwerpunkte entfernt ist, in Centimetern, so ist die zulässige Belastung der Schiene durch ein Rad, in Kilogrammen

$$G = 5{,}261 \cdot \frac{k}{l} \cdot \frac{W}{a}$$

Beispiel. Bei den breitbasigen Schienen der hannoverschen Staatsbahn (1871) ist $W = 1037$, $a = 6{,}5$, $l = 101$, und k zu 800 gesetzt, wird

$$G = 5{,}261 \cdot 7{,}7 \cdot 159{,}54 = 6463 \text{ Kil.}$$

Die zulässigen Raddrücke der Locomotiven sind in den „Vereinbarungen“ und den „Grundzügen“ festgestellt.

Beispiel 2. Für secundäre Bahnen mit breiter Spur, auf denen mit bis 40 Kilometer pro Stunde Geschwindigkeit gefahren werden darf, ist in den „Grundzügen“ eine Belastung eines Rades resp. der Schiene von 5000 Kilogr. zugelassen. Das Profil der Nebenlinien der Schweizerischen Nordostbahn ist 110 mm. hoch, 12 mm. im Steg stark, hat 50 mm. Kopfbreite und 90 mm. Fussbreite. Es ist

$$\frac{W}{a} = 95{,}6$$

Es ergiebt sich daher die zulässige Entfernung der Schwellen von Mitte zu Mitte

$$l = 5{,}261 \cdot \frac{k}{G} \cdot \frac{W}{a},$$

also für Eisen

$$l = 5{,}261 \cdot \frac{800}{5000} \cdot 95{,}6 = 80{,}47 \text{ Cent.}$$

für Stahl

$$l = 5{,}261 \cdot \frac{1000}{5000} \cdot 95{,}6 = 100{,}65 \text{ Cent.}$$

Unter Umständen wird man, je nach dem Material, für k einen abweichenden Werth setzen.

Da, je näher die Schwellen liegen, um so schwächer die Schienen sein können, so kann man durch Rechnung ermitteln, wenn man die jedesmaligen Holz- und Eisen- oder Stahlpreise berücksichtigt, und dabei die Dauer eines jeden dieser Materialien mit einführt, bei welchem Schienengewicht und welcher Schwellenentfernung der Gesammtpreis des Oberbaues ein Minimum wird. Doch dürfen die Schwellen nicht so zahlreich werden, dass man nicht bequem mehr stopfen kann, andrerseits nicht so entfernt liegen, dass ihre Gesammtgrundfläche zu gering wird, um den Druck gehörig auf die Bettung zu vertheilen, oder dass man (namentlich in Curven) nicht genug Befestigungsmittel für die Schienen anbringen kann, oder auch eine seitliche Verschiebung des gesammten Oberbaues zu befürchten hätte.

Schienenprofile für verschiedene Bahnen. Die Stahlschienen, welche Krauss & Co. beispielsweise anführen, haben für Locomotiven von verschiedenen Pferdekräften folgende Dimensionen, welche für 4-rädrige Locomotiven zulässig sind und daher für 6-rädrige, welche bei sonst demselben Modell auf Verlangen auch gebaut werden, um so eher reichen.

Dimensions-Angaben.	Effective Pferdekräfte der Locomotiven			
	7-pferdig	20—40	50—80	100—200
Gewicht der Schiene pr. laufenden Meter in Kilogr.	5,60	6,77	12	17,50
Höhe in Millimetern	46	65	82	91
Kopfbreite desgl.	18	24	32	40
Fussbreite desgl.	42	50	63	72
Stegstärke desgl.	6	6	9	10
Grösster Raddruck bei 2-achsigen Locomotiven in Kilogr.	825	1425 bis 2000	2950 bis 3750	5000 bis 6000

Der zulässige grösste Raddruck bei breitspurigen Hauptbahnen beträgt (nach den Vereinbarungen § 105) 7000 Kilogr., bei secundären breitspurigen Bahnen (Grundzüge § 13) 5000 Kilogr., bei schmalspurigen von 1 Meter Spur 3800 Kilogr., und von $0^{m},75$ Spur 2500 Kilogr. Man muss bei secundären Bahnen zu erreichen suchen, dass der grösste Druck pro Locomotivrad den grössten pro Lastwagen-Rad nicht viel übertreffe.

Schienenprofile für secundäre Bahnen, auch Locomotiven und Wagen ausführlich in Heus. Spec. V. Band, Secundärbahnen.

Tit. XI.

Signale und Telegraphen.

Sind ausführlich in B. Tit. XI. beschrieben nebst Angabe der Literatur. Vergl. auch die Bestimmungen in den Vereinbarungen sub „D. Signalwesen.“

Als Beispiel werde die Telegraphen-Anlage der Venlo-Hamburger Bahn aus dem erwähnten Werke von Funk hier angeführt:

1. Die optischen Telegraphen bestehen aus gusseisernen Masten mit zwei Flügeln und für Nachtsignale mit einer Laterne am Maste, welche mit beweglichen, farbigen Glasblenden versehen ist. An den auf und vor den Bahnhöfen aufgestellten Perron- resp. Haltetelegraphen werden die Blenden gleichzeitig mit den Flügeln bewegt, so dass die Wärter bei Tag und Nacht für dasselbe Zeichen dieselben Manipulationen auszuführen haben.

2. Die akustischen Signale werden neben den Wärterstationen und auf den Bahnhöfen durch Läutewerke gegeben, die mittelst einer electrischen Leitung von den Stationen auszulösen sind. Der electrische Strom zum Auslösen der Läutewerke wird durch Inductions-Apparate erzeugt, welche einen gleichmässigen kräftigen Strom geben und die Läutewerke zuverlässig auslösen. Die Läutewerke sind in gusseisernen Gehäusen aufgestellt, auf welchen oben zwei Glocken mit einem verschiedenen Tone angebracht sind, welche ein sehr weit erkennbares Signal mit Doppelschlägen geben. Das Gewicht zum Treiben der Läutewerke bewegt sich in der den Läutewerkskasten tragenden hohlen Säule und hat einen möglichst hohen Fall, da auch der untere in das Terrain eingelassene Theil der Säule für das Gewicht mit benutzt wird.

Auf den Bahnhöfen werden die Signale der verschiedenen Richtungen dadurch erkennbar gemacht, dass die Läutewerke der einen Richtung nur an eine Glocke anschlagen.

3. Für die electrischen Telegraphen sind vorläufig 3 Leitungen ausgeführt, von denen die eine zur Auslösung der vorstehend erwähnten Läutewerke dient und auf jeder Station durch Einschluss getrennt ist. — Die zweite Leitung dient für den Localverkehr und sind die Stationen für diesen in Abtheilungen eingetheilt, welche in der Regel von Maschinen-Station bis zu Maschinen-Station reichen und die 4—7 Zwischenstationen in sich schliessen. Die Stationen jeder Abtheilung können sämmtlich unter sich mit einander sprechen, nicht aber ohne Weiteres mit den Stationen der übrigen Abtheilungen; doch kann die Leitung an den Grenzstationen verbunden resp. die Correspondenz mechanisch übertragen werden.

Die dritte Leitung dient für den durchgehenden Verkehr, und sind in diese nur die Hauptstationen eingeschaltet, so dass auf dieser Leitung direct von Köln nach Hamburg telegraphirt werden kann.

Die sämmtlichen Telegraphen-Apparate sind Morse'sche Schreibapparate, bei denen die Schrift in blauer Farbe durch Relais und Lokalbatterie erzeugt wird.

Zum Telegraphiren von der Strecke nach den Stationen ist die zweite Leitung durch eine Anzahl, und zwar pro Meile drei Wärterhäuser geführt, so dass ein transportabler Morse-Apparat in die Leitung leicht eingeschaltet werden kann.

Tit. XII.

Bahnhöfe.

1) Für die Aufstellung von Bahnhofsprojecten

kommen in Preussen die Verfügungen des Handels-Ministeriums vom 27. Juli 1873 „Normen für die Aufstellung der Bahnhofsprojecte“ zur Nachachtung (Heusinger's Kalender). Danach soll für Uebersichtspläne der gesammten Bahnhofsanlagen der Maassstab 1:1000 angewendet werden, für Detaillirungen 1:500 bis 1:100 etc.

Bei Projecten im Maassstabe 1:2000 bis 1:1000 kann man die Gleise mit einfachen Linien ausziehen und die Weichen vorerst mit Curvenschablonen, auf welchen die Radien eingerissen sind (um Tangenten ziehen zu können) zeichnen.

Bei einer detaillirten Bearbeitung wird die Länge der Weichen und Lage der Herzstücke genau berechnet *(Pinzger, die geometrische Construction der Weichen-Anlagen; und „die Verbindung der Gleise durch Weichen“ in Zeitschr. für Bauwesen (Erbkam) 1859 pag. 375 etc. auch Ueb. 37.*

Grundzüge, wonach die Räume der Bahnhofsgebäude zu disponiren, finden sich in: *Zeitschrift für Bauwesen von Erbkam 1865 p. 323; in: die braunschweigische Südbahn von Börssum nach Kreiensen; in: v. Kaven: Vorträge über Eisenbahnbau, Hannover, Rümpler 1864 (vergriffen); in: Heusinger, Handbuch der speciellen Eisenb.-Technik; in: Schmitt, Bahnhöfe und Hochbauten auf Locomotiv-Eisenbahnen, und in Heusinger's Kalender.*

Endlich sind noch zu erwähnen *Musterbahnhöfe deutscher Eisenbahnen von Heusinger.*

Für vorläufige Ermittelung des Terrainbedarfs etc. für Bahnhöfe in coupirtem Terrain vergl. *Ueb. Nr. 40 Bahnhöfe der Eifelbahn, und in flachem Terrain, Ueb. Nro. 39, 1—4.*

Für Querprofil von Bahnhöfen vergl. Ueb. 39, 1. Querprofile der Bahnhöfe der Venlo-Hamburger Bahn, und Ueb. 41. Normalprofil der rheinischen Bahn.

2) Allgemeines über die Anordnung der Bahnhöfe.

Zuerst sind die Bestimmungen der Vereinbarungen zu merken über „Bahnhofs-Anlagen“, worin es betreffs der Tracirung der Bahnhöfe für breitspurige Bahnen heisst:

§. 53. Die Bahnhöfe sollen in der Regel eine horizontale Strecke womöglich von 900^{m}, mindestens jedoch im flachen und Hügellande von 550^{m}, im Gebirge von 180^{m} erhalten. Im flachen und im Hügellande sollen hiervon mindestens 180^{m} in grader Linie liegen.

Grössere Steigungen als $\frac{1}{400}$ sollen auf Bahnhöfen nicht vorkommen; jedoch können da, wo sehr lange Züge mit einander kreuzen, die Endweichen auch in grössere Steigungen gelegt werden.

Für Ausziehgleise ist eine Steigung bis $\frac{1}{80}$ zulässig.

Für secundäre Bahnen sind die parallelen Bestimmungen der Grundzüge zu vergleichen.

3) Entfernung der Bahnhöfe unter sich.

Sie hängt von der Grösse des Verkehrs, Lage der zu berührenden Orte und auch von der Forderung, dass die Locomotive von Zeit zu Zeit mit Wasser muss versorgt werden können, ab. (Vergl. pag. 30 Entfernung der Wasserstationen.) Auf flachen Strecken (und in dünn bevölkerten Gegenden) liegen die Bahnhöfe resp. Wasserstationen daher meistens weiter entfernt, als auf Gebirgsbahnen, wo schwere Locomotiven öfter Wasser nehmen müssen (namentlich die Tender-Locomotiven), und wo daher zwischen den Bahnhöfen zuweilen besondere Wasserstationen eingeschaltet werden müssen.

Tender fassen 8—10 Cubikmeter Wasser und 60—80 Centner Kohlen. Ein dienstfähiger Tender wiegt 400 bis 500 Centner. Weitere Angaben in Heusinger's Kalender: Locomotiv- und Wagenbau.

Ueber 4 Meilen = 30 Kilom. wird man auf flachen Bahnen mit Entfernung der Wasserstationen nicht leicht gehen, um ungünstigen Witterungsverhältnissen Rechnung zu tragen vielleicht 2 Meilen = 15 Kilom.

Beispiele. Das Minimum der Entfernung der Bahnhöfe (hierunter überhaupt die Anhaltpunkte verstanden) auf den hannoverschen Bahnen ist etwa 1 Meile, das Mittel 1,2 Meilen.

Der Durchschnitt der Entfernungen der Bahnhöfe auf der Venlo-Hamburger Bahn ist 1,33 Meilen = 10 Kilom., die Maximalentfernung 2,35 Meilen = 17,63 Kilom. Die Wasserstationen Münster-Lengerich liegen 4,12 Meilen, Diepholz-Bassum 4,88 Meilen von einander entfernt.

4) Bahnhofs-Anlagen in flachem Terrain.

Hierfür können die Bahnhöfe der Venlo-Hamburger Bahn angeführt werden, welche in dem Werke „Mittheilungen über den Bau der Venlo-Hamburger Eisenbahn auf der Strecke von Wesel nach Harburg, mit der Anschlussbahn von Wanne nach Haltern und der Verbindungsbahn von Dreye nach Sagehorn." Osnabrück im April 1873 von Funk, Oberbaurath, beschrieben sind.

Die Länge dieser Bahnen beträgt im Ganzen 52,05 Meilen, die stärkste Steigung $\frac{1}{200}$, bis auf eine kurze Strecke vor Bahnhof Osnabrück (0,10 Meilen) $\frac{1}{160}$, auf den Anschlussbahnen $\frac{1}{180}$. Kleinster Krümmungshalbmesser 450 Meter, nur eine Curve von 0,08 Meilen Länge vor Bahnhof Wesel hat einen Radius von 330 Meter.

Für den Locomotivdienst ist auf der Venlo-Hamburger Bahn angenommen, dass die ganze Bahn in 4 Abtheilungen:

1) Venlo-Wesel-Haltern . . .	12	Meilen	=	90,00 Kilom.
2) Wanne-Haltern-Osnabrück .	15,7	„	=	117,75 „
3) Osnabrück-Bremen	16,2	„	=	121,50 „
4) Bremen-Hamburg	15,2	„	=	114,00 „

zerfällt, so dass die Maschinen die betreffenden Bahnstrecken in der Regel zwei Mal täglich, also einen Weg von 24—32 Meilen (180—240 Kilom.) durchlaufen und Abends nach ihrem Stationsort zurückkehren werden. Etwa in der Mitte dieser 4 Maschinenlauf-

strecken (zu Wesel, Münster, Diepholz und Rotenburg) sind Reserve-Locomotiven stationirt und zu dem Zwecke sind dort kleine Locomotiv-Gebäude mit Wasserstationen erbaut. Ausserdem sind solche Locomotiv-Gebäude noch in Kirchweyhe und Sagehorn hergestellt, wo die Güterverbindungsbahn vor der Hauptbahn abzweigt resp. an dieselbe wieder anschliesst.

Diese Reserve-Maschinen-Strecken von im Durchschnitt 5,8 Meilen (43,50 Kil.) Länge waren für die Entfernung der Wasserstationen noch zu gross und sind ausserdem noch Wasserstationen in Dorsten, Appelhülsen, Lengerich, Hassbergen, Bohmte, Bassum und Tostedt hergestellt, so dass einschliesslich der Bahnhöfe Wesel, Wanne und Harburg auf 18 Bahnhöfen Wasserstationen vorhanden sind und also auf 2,9 Meilen Bahnlänge ein Bahnhof mit einer Wasserstation kommt.

5) Disposition der Bahnhofs-Grundrisse bei der Venlo-Hamburger Bahn.

Bei der Projectirung der Bahnhofs-Grundrisse sind die folgenden Annahmen durchgeführt.

1) Die Ausdehnung der Bahnhöfe überschreitet das jetzige Bedürfniss erheblich, um später genügende Erweiterungen ausführen zu können.
2) Die Empfangs-Gebäude, wie auch die Güterschuppen, sind in der Regel an der dem Orte zugekehrten Seite des Bahnhofes angelegt, um ein Ueberschreiten resp. Ueberfahren der Gleise thunlichst einzuschränken.
3) Reicht der Raum für Producten-Ladeplätze an der Ortseite nicht mehr aus, so sind diese auch auf der entgegengesetzten Seite der Gleise anzulegen und daher dort in den Projecten vorgesehen.
4) Die Empfangs-Gebäude sind mindestens 120—150^{m} von der nächsten, die Bahn im Niveau kreuzenden Wege-Ueberfahrt entfernt angelegt, damit die vor dem Perron haltenden Züge diese Ueberfahrten nicht sperren.
5) Die Gebäude für die Locomotiven sind in der Regel an der von dem Orte abgekehrten Seite der Bahnhöfe angelegt, um die Ortseite für den Güterverkehr möglichst ausgedehnt benutzen zu können.
6) Die Länge des 2ten Hauptgleises ist mindestens zu 675^{m} festgestellt, so dass Güterzüge von 200 Achsen auf allen Bahnhöfen kreuzen können.
7) Auch auf den kleinen Zwischen-Bahnhöfen ist, ausser dem kleinen Güter-Neben-Gleise auf der Ortseite, noch ein viertes Gleise auf der entgegengesetzten Seite der Haupt-Gleise angelegt, damit dort neben einer Kreuzung zweier Züge gleichzeitig noch eine Ueberholung von Güterzügen stattfinden kann.
8) Die Entfernung der beiden Haupt-Gleise von Mitte zu Mitte ist zu 5,6^{m}, später zu 6^{m}, die des 2. und 3. Gleises zu 5^{m} und die aller übrigen Gleise zu 4,7^{m} angenommen.

9) Die Perrons für den Personen-Verkehr haben eine Höhe von $0^m,21$ über Schienen-Oberkante, eine Länge auf den Haltestellen von $65—95^m$, auf den Zwischen-Bahnhöfen von $95—125^m$ und auf den Haupt- und Trennungsstationen von $125—190^m$. Die Breite der Perrons ist zu $6—10^m,0$ ausgeführt.

10) Die Weichen sind so projectirt, dass nach Ausführung des 2. Gleises der Bahn auf denjenigen Bahnhöfen, wo nicht alle Züge anhalten, wenn irgend möglich bei keiner Weiche gegen die Spitze gefahren wird und also für die Zeit, wo erst ein Gleis ausgeführt ist, beim Rechtseinlaufen der Züge nur bei der Einlaufweiche gegen die Spitze gefahren zu werden braucht.

Im Weitern sind für feststehende Maassen die Bestimmungen der Köln-Mindener Bahn betreffs Anlage der Bahnhöfe, siehe unten, zu vergleichen; ähnliche Angaben finden sich auch in Heusinger's Kalender sub XXXI. Bahnhöfe und Haltestellen abgedruckt.

Note. Von der Anordnung grösserer Bahnhöfe kann hier keine Rede sein, doch kann bemerkt werden, dass während man grosse Anlagen in gesonderte oft weit entfernte Abtheilungen trennt (Personen-Bahnhof, Güter-Bahnhof, Rangir-Bahnhof, jeder für sich, das Bestreben einer Trennung dieser Verkehrs-Arten auch bei kleineren Bahnhofsprojecten sich mehr und mehr bemerklich macht. Nur bei den kleinsten Bahnhöfen, wo das Personal für eine Art des Verkehrs nicht auszunutzen sein würde, liegen die wenigen (oder nur das eine) Gütergleise in der Nähe des Hauptgleises und der Güterraum bildet einen Anbau am Hauptgebäude.

6) Bahnhofs-Anlagen in coupirtem Terrain und bei Gebirgsbahnen.

Bei Gebirgsbahnen hat die Einschaltung von Horizontalen für die Bahnhöfe oft Schwierigkeiten wegen nicht passenden Terrains, und überdies wird die Länge der Bahn, wenn es sich um Erreichung einer bestimmten Höhe handelt, dadurch vergrössert. Ausserdem sind (in hoch gelegenen Strecken) die Züge elementaren Zufällen ausgesetzt, wodurch Störungen und Aufenthalte in der Bewegung entstehen können. Die Stationen müssen daher oft noch näher als 10 Kilometer liegen, oder es muss auf andere Weise dafür gesorgt werden, dass der Zug Halt machen und den Wasservorrath ergänzen kann. Auch sollte auf solchen Strecken auf die Eventualität der Aufstellung eines Arbeitszuges, einer Schneepflug-Maschine, oder eines zu überholenden Güterzuges Bedacht genommen werden. Um diesen Anforderungen zu genügen, kann man bei stark steigenden Bahnen Reservestationen einschalten, welche die continuirliche Bahnsteigung nicht unterbrechen und aus einem horizontalen Nebengleise bestehen, welches an die Seite des für den auffahrenden Zug bestimmten Gleises gelegt und mit diesem durch eine Weiche verbunden ist.

Beispiel. Erfahrungen auf der Semmering- und Brenner-Bahn sollen ergeben haben, dass die dort in Anwendung stehenden Bergmaschinen von 52 Tons Adhäsions-

Gewicht (mit 4 gekuppelten Achsen und 200 □ Meter Heizfläche und mit einem Tender von 8,5 Cubikmeter Wasserraum), die für die constante Zuglast erforderliche Dampfspannung höchstens auf 10 Kilometer Bahnlänge halten können. Es wurde daher auf der Gotthard-Bahn als Regel angenommen, dass in den Rampen (Gebirgsstrecke von $\frac{1}{40}$ Steigung) die Stationsentfernungen unter diesem Maasse bleiben und dass alle Stationen zur Wassernahme geeignet sind.

Bemerkung. Uebrigens legt man die Wasserstationen, wenn sie in der Bahn selbst und nahe liegen, gern an abwechselnde Enden der Bahnhöfe, so dass eine um die andere für den auf einen der Hauptgleise fahrenden Zug am bequemsten liegt, weil die Locomotiven dann nur vorfahren brauchen. Bei Anwendung von Krahnen zwischen den Gleisen braucht diese Anordnung indessen nicht beobachtet zu werden.

Länge der Bahnhöfe. Die Länge der Bahnhöfe (Länge des Ausweichgleises zwischen den Distanzpfählen) richtet sich nach der Grösse der Züge, welche wiederum von der Art des Verkehrs resp. den Steigungen der Bahnen abhängt. Bei stark steigenden Bahnen sind die Züge kürzer und die Bahnhöfe von geringerer Länge als in der Ebene. Man muss dabei die längsten Güter-Züge, welche nach Art des Betriebes vorkommen werden, berücksichtigen.

Bemerkung. Die grösste Achsenzahl eines Zuges soll nach den Vereinbarungen in keinem Falle mehr als 200 Achsen betragen (§ 186). Für Güterzüge kann man die Entfernung für eine Achse zu 3,5 Meter annehmen, so dass 700 Meter plus Länge der Locomotive und des Tenders für die Länge des zweiten Hauptgleises (zwischen den Distanzpfählen) in allen Fällen genügen. Einige rechnen 4 Meter Länge für eine Achse, welches Maass von der Beschaffenheit des Betriebsmaterials resp. dem Achsenstande desselben abhängt (vergl. Vereinbarung § 135). *Dimensionen der verschiedenen Sorten Wagen und von Locomotiven und Tender der rheinischen Bahn auf Tafel III.*

Notiz. Betreffs der für eine Achse zu rechnenden Länge im Zuge giebt Sonne (Heus. Spec. I. 1877. pag. 29) an, für die württembergischen Bahnen

a) Personenzüge, grösstentheils aus 8-rädr. Wagen (Drehgestell) bestehend, durchschnittlich 28 Achsen im Zuge, mittlerer Abstand von Achse zu Achse $3^m,58$.
b) Güterzüge, grösstentheils Wagen von 200 Ctr. Tragfähigkeit 75 Achsen, $3^m,55$.

Für die hannoverschen Staatsbahnen in 1869:

a) Personenzüge, 6-rädr. Wagen, durchschnittlich 21 Achsen, $3^m,52$.
b) Güterzüge, grösstentheils 200 Ctr. Wagen, 120 Achsen $3^m,64$.

Als allgemeinen Durchschnitt giebt derselbe an für die pro Achse zu rechnende Länge:

Güterzüge: $3^m,70$; gemischte Züge $3^m,80$; Personenzüge (Coupé-System): $4^m,20$; desgl. Intercommunications-System: $4^m,60$.

Derselbe bemerkt, dass zur Zeit neue vierrädrige Personenwagen mit durchschnittlich $4^m,25$ Radstand und 4-rädrige Güterwagen mit $3^m,5$ Radstand gebaut werden. Für letztere ist ein Durchschnitt aus Constructionen der letzten 5 Jahre: $3^m,84$.

Durchschnittliche Länge von Locomotive und Tender siehe weiter unten.

Beispiel 1. Für wenig stark steigende Bahnen vergleiche die „Bestimmungen der Köln-Mindener Eisenbahn-Gesellschaft über Bahnhöfe."

Beispiel 2. Für stark steigende Gebirgsbahnen vgl. Hellwag, Bahnachse und Längenprofil der Gotthard-Bahn Vrb. L. XI. 7.

Nach den in der Tabelle über die Belastungen der Locomotive der Gotthardbahn enthaltenen Zahlen (Hellwag) können diese in voller Belastung nicht mehr als 50 Achsen

vollbeladener Waggons (à 5 Tons Eigengewicht und 10 Tons Belastung) ziehen. Ein solcher Zug nimmt nebst Locomotive und Tender 230 Meter Länge in Anspruch. Nimmt man aber an, dass die Ausnutzung der Wagen durch die in einer Richtung leer gehenden Fahrzeuge unter Umständen bis auf 40 Procent herabgeht, so kann die Länge der Züge auf 75 Achsen à 4,5 Tons anwachsen, und damit ergiebt sich als äusserste Grenze der Länge eines Zuges mit 2 Locomotiven und Tendern 340 Meter. Daher ist die freie Länge (zwischen den Distanzpfählen) der Stationsgleise in den Zwischenstationen kleinster Classe auf mindestens 350 Meter festgesetzt. Für grössere Stationen an den Ausgangspunkten der Rampen sind 800—1000 Meter als Länge zwischen den Distanzpfählen der äussersten Weichen festgesetzt, zumal das Bedürfniss einer grösseren Anzahl Gleise (welche dann kürzer werden) vorhanden ist.

Die Haupt- und Rangirstationen der Gotthard-Bahn, wo Züge aus dem Transito-Verkehr übernommen und zusammengesetzt, oder für diesen Verkehr auseinander genommen werden, und wohin am passendsten die Anlagen für den Fahrdienst, die Locomotivschoppen, Magazine und Werkstätten verlegt werden, haben eine Länge von 900 Meter. Wegen des besonderen und wechselnden Betriebes zwischen den Anschlussbahnen von $\frac{1}{100}$ Steigung und den Rampen von $\frac{1}{100}$ haben die Bahnhöfe am Ausgangspunkte der Rampen eine Länge von 800—1000 Meter, weil wegen Ab- und Zuführung der Locomotiven, Regelung der Zugsfolge, Ordnung der Bremsen, Revision der Fahrzeuge, dadurch hervorgerufene Ein- und Ausführung von Wagen eine grössere Anzahl von Gleisen und daher grössere Länge der Hauptgleise erforderlich ist.

Notiz. Um aus der Länge zwischen den Distanzpfählen die ganze Länge des Gleises zwischen den Weichenböcken zu finden, ist zu bemerken, dass bei einer Weiche mit Herzstück 1 : 10 der Distanzpfahl (bei der rheinischen Bahn) (Taf. 3) vom Winkelpunkt der Weichen 33 Meter absteht, wozu noch $9^{m},375$ bis zum Stoss der Backenschienen kommen. Die ganze Länge zwischen den beiden Weichenböcken ist daher abgerundet — Länge zwischen den Distanzpfählen + 85 Meter, wesshalb umgekehrt, wenn die Länge zwischen den Weichenspitzen gegeben ist, die nutzbare Länge um 85 Meter geringer ist.

Die Stationen der Gotthardbahn, Project Hellwag, sind wie folgt classificirt: VI. Classe kleinste Stationen, sollen, um sie dem im Sommer stattfindenden Localverkehre dienstbar zu machen, in der Regel neben jedem durchgehenden Gleise mit einem kurzen Nebengleise (Stockgleis, todtlaufendes Gleis) zur Aufnahme von Frachten ausgerüstet werden. Länge dieser Stationen 450 Meter mindestens zwischen den Spitzen der äussersten Weichen.

V. Classe. Ausser den beiden durchgehenden Gleisen, ein Nebengleis für Localverkehr und ein Gleis für Zugkreuzungen. Länge 450 Meter.

IV. Classe. Zwei Nebengleise und Länge von 500 Meter.

III. Classe. Drei Nebengleise und zwei Stockgleise, Länge 550 Meter

II. Classe. Sind diejenigen, welche ausser den für den Local- und Zugverkehr erforderlichen Gleisen nach speziellen Anlagen für den Locomotiv-Dienst erfordern. Die Länge richtet sich nach der Disposition der Gleise.

I. Classse sind Stationen ausserordentlichen Erfordernisses, wie die End- und Anschluss- und die Ausgangs-Stationen der Rampen. Für sie sind 800—1000 Meter an Länge erforderlich.

Bei der Bestimmung der Classe einer Station sind immer in erster Linie die Rücksichten des Betriebserfordernisses maassgebend, dann aber auch nach Möglichkeit die Erfordernisse des Localverkehrs in Betracht zu ziehen.

In allen Stationen der doppelgleisigen Gebirgsbahn ist als ein für die Sicherheit des Zugsverkehrs unabweisliches Princip angesehen, die Weichen des durchlaufenden Gleises so anzuordnen, dass der einfahrende Zug sie nicht gegen die Spitze befährt. Nicht alle Bahnen führen dies Princip, durch welches der Betrieb oft erschwert und welches auch andere Nachtheile im Gefolge hat, wenigstens oft nicht bei den Bahnhöfen, wo alle Züge halten.

Bemerkung. Zur kurzen Charakterisirung der oft citirten Gotthardbahn dient das Folgende.

Die Gotthardbahn hat nach dem Projecte Hellwag 182,676 Kilom. Länge, die stärkste Steigung ist $\frac{1}{40}$ auf den Rampen, in den Tunneln 2—3% weniger, eine kleine Strecke hat 26 pro Mille; auf den Anschlussbahnen $\frac{1}{100}$, die Horizontalen betragen 19,2 Procent der Gesammtlänge, die geraden Linien bilden 55,3 Procent der Gesammtlänge, der Minimalradius von 300 Metern ist auf 23,2 Procent der Gesammtlänge vorhanden. Die gesammte Tunnellänge ist 42,487 Meter oder 23,3 Procent der Gesammtlänge, darunter der Haupttunnel von 14,900 Meter Länge und im Culminationspunkte 1162½ Meter über dem Meere. Der Tunnel ist zu 63 373 900 Frcs. veranschlagt, und die gesammte Bahn mit Tunnel zu rund 290 Millionen Francs. *(Vrb. IX. 7, Hellwag, Bahnachse und Längenprofil der Gotthard-Bahn.)*

Bemerkung. Auf den französischen Bahnen beträgt die Länge der sämmtlichen Bahnhofsgleise im Allgemeinen ⅕ der ganzen Linie, so dass ein Kilometer zweigleisige Bahn 2000 + 200 = 2230, und eingleisige Bahn 1000 + 200 = 1200 Meter einfachen Gleises enthält. Die Längenausdehnung des ersten durchgehenden Hauptgleises betrug im Jahre 1871 auf den preussischen Eisenbahnen 12044 Kilom., die des zweiten Gleises 4533 Kilom. Die Länge der sämmtlichen übrigen Bahnhofsgleise überhaupt 4505 Kilom., also $\frac{1}{2{,}68}$ oder rund ⅓ der Länge des durchgehenden Hauptgleises, oder, was dasselbe ist, der Bahnlänge. Die Weichen nehmen von den Bahnhofsgleisen ⅐ der Länge ein, so dass also nur ⁶/₇ der Länge der Bahnhofsgleise zum Aufstellen von Wagen benutzbar ist. Vor 15 Jahren war statt jetzt ⅓ das Verhältniss ⅕, vor 5 Jahren ⅕. *(Vergl. Vorarb. Lit. I. 22 u. 23.)*

Nach Richard und Mackensen (Heusinger, Ingenieurwissenschaft, Band I. 1877) kann man bei generellen Anschlägen für die verschiedenen Classen von Bahnhöfen nachstehende summarische Längen in Anrechnung bringen.

Für Bahnhöfe I. Classe (Trennungs- und Endstationen)							
		8000	laufende	Meter	Nebengleis,	25	Weichen
II.	„	3000	„	„	„	15	„
III.	„	1200	„	„	„	10	„
IV.	„	500	„	„	„	4	„
(Haltestellen.)							

7. Bestimmungen der Köln-Mindener Eisenbahn

über die Anlage der Bahnhöfe und die hauptsächlichsten Maasse der einzelnen Gebäulichkeiten, sowie über Geleise-Entfernungen, Drehscheiben-Durchmesser, Schiebebühnen-Breiten u. s. w. (vom 15. Juni 1871).

Die hier folgenden, für den Bau der Venlo-Hamburger Eisenbahn s. Z. getroffenen Bestimmungen über die Anlage der Bahnhöfe und die hauptsächlichsten auf dieselbe bezüglichen Dimensionen und Maasse sollen für die Folge bei Neuanlagen für sämmtliche Strecken der Köln-Mindener Eisenbahn maassgebend sein.

Alle Dimensionen sind im Nachfolgenden in Metermaass angegeben worden.

1. Die Entfernung der Geleise auf den Bahnhöfen von Mitte zu Mitte:
   a. für die beiden Hauptgeleise, zwischen denen für einen zweiten Perron genügende Breite verbleiben muss = 6m,0; diese Weite ist an den Enden der Bahnhöfe auf die gewöhnliche Geleisweite der freien Bahn von 3m,557 zusammenzuziehen;
   b. für das zweite und dritte Geleise = 5m,0;
   c. für alle übrigen Geleise = 4m,7;
   d. für die Geleise in den Locomotiv- und Wagen-Schuppen ohne innere Säulen = 4m,7 und mit inneren, zwischen den Geleisen stehenden, Säulen = 5m,0;
   e. für die Locomotiv- und Wagen-Reparatur-Werkstätten = 5m,3.
2. Die Länge des zweiten Hauptgeleises soll, der Kreuzungen wegen, zwischen den Distanzpfählen mindestens 700m betragen, so dass leere Wagenzüge von 200 Achsen auf allen Stationen kreuzen können. Die dadurch nothwendig werdenden äussersten Weichen können, wo die horizontalen und geraden Linien der Bahnhöfe dazu nicht lang genug sind, in die davor gelegenen Steigungen und Kurven hineinreichen.
3. Der Durchmesser der grossen für Locomotiven und Tender bestimmten Drehscheiben = 12m,555.
4. Der Durchmesser der Drehscheiben für Güterwagen = 5m,65.
5. Die Länge der Schiebebühnen:
   a. vor Personen-Wagen-Schuppen und in Wagen-Reparatur-Werkstätten = 7m,845;
   b. auf Producten-Ladehöfen = 5m,65;
   c. in Locomotiv-Reparatur-Werkstätten = 12m,554.
6. Dimensionen der Perrons für den Personen-Verkehr:
   a. Höhe über Schienen-Oberkante = 0m,21;
   b. Breite, je nach Bedeutung der Stationen von 6m bis 10m;
   c. Länge des Perrons: auf Haltestellen 65m bis 95m, auf den Zwischenbahnhöfen 95m bis 125m, auf den Haupt- und Trennungs-Stationen = 125m bis 190m;
   d. Entfernung der Perronkante von der Mitte des nächsten Geleises = 1m,65;
   e. die Entfernung der Perron-Säulen-Mitte von der Mitte des nächsten Geleises = 3m,53. Die mit Kies befestigten Perrons der kleinen und mittleren Stationen haben 1/36 Quergefälle und sind mit Quaderreihe von 0m,23 breit und 0m,46 hoch eingefasst, die in den Kies verlegt 0m,21 über Schienen-Oberkante ist. Auf den grösseren Stationen haben die mit Asphalt oder Platten abgedeckten Perrons 1/48 Gefälle.
7. Perrons an den Güterschuppen:
   a. Höhe über Schienen-Oberkante = 1m,19;
   b. Entfernung der Perron-Kante von der Mitte des nächsten Geleises = 1m,67.
8. Rampen für Vieh und Equipagen:
   a. Höhe über Schienen-Oberkante = 1m,19;

b. Entfernung der Rampenmauer von der Mitte des nächsten Geleises = 1m,67;
c. Maximal-Steigung = 1 : 12.

9. Die geringste Entfernung der festen Gebäudetheile auf den Bahnhöfen, welche höher als 1m,22 sind, soll 2m,144 betragen, woraus sich die geringste zulässige lichte Weite zwischen den Widerlagern der Wege-Ueberführungen auf der freien Bahn mit Gleisen ad 3m,557 von Mitte zu Mitte, zu $2^m,144 + 3^m,557 + 2^m,144 = 7^m,845$ ergibt.

Ueberhaupt soll das Normal-Profil des über den Geleisen frei zu lassenden lichten Raumes streng durchgeführt werden, auch z. B. an den Güterschuppen.

10. An den Güterschuppen sind Schiebethore im Innern anzubringen und die Fenster mit Schmiedeeisen-Sprossen so kleinscheibig auszuführen, dass dadurch eine Sicherung des Schuppens erzielt wird. Tiefe der Güterschuppen auf den mittleren Stationen 12m,3. In der Regel sind die Güterschuppen an der dem Orte zugekehrten Seite anzulegen.
11. Die Länge der Locomotivschuppen für Locomotiven im Dienste im Lichten:
    a. für einen Stand = $19^m, 5 = (\quad 15 + 2 \cdot 2^m,25)$;
    b. „ zwei Stände = $34^m, 5 = (2 \cdot 15 + 2 \cdot 2^m,25)$;
    c. „ drei Stände = $51^m,75 = (3 \cdot 15 + 3 \cdot 2^m,25)$.
12. Die lichte Weite der Locomotivschuppen für Locomotiven im Dienste:
    a. für zwei Geleise = $11^m,15 = (4^m,7 + 2 \cdot 3^m,225)$;
    b. „ drei Geleise ohne innere Säulen = $15^m,85 = (2 \cdot 4^m,7 + 2 \cdot 3^m,225)$;
    „ „ Geleise mit Säulen ± 16m,5;
    c. „ vier Geleise ohne Säulen = 20m,55;
    d. „ „ „ mit „ = 21m,5. In den Schuppen sind Dachreiter mit festen Jalousien zum Abziehen des Rauches und der Wasserdämpfe angebracht. Bei den gewöhnlichen Schuppen sind Heizessen nicht erforderlich.
13. Die lichte Weite der Thore in den Locomotiv-Schuppen, Reparatur-Werkstätten und Wagen-Schuppen soll 3m,45 und
14. Die lichte Höhe dieser Thore mindestens 4m,8 in der Mitte über dem Geleise betragen.
15. Die Höhe der Heizessen in den Locomotivschuppen incl. der Rinnen muss über Schienen-Oberkante 4m,7 betragen.
16. Die Dimensionen etc. der Reinigungsgruben in und vor den Locomotivschuppen sowie der Stand des Wasserkrahnes gegen diese Gruben gehen aus den vorhandenen Special-Zeichnungen hervor.
17. Die Kohlen-Ladebühnen sollen bedacht und
    a. mit einem Raum für Reserve-Coaks,
    b. „ „ „ „ Holz zum Anheizen,
    c. „ „ kleinen Magazin für Oel, Fackeln etc.,
    d. „ „ „ heizbaren Zimmer für den Ober-Arbeiter der Kohlen-Ausgabe angelegt werden.

Die Höhe der Ladebühne über Schienen-Oberkante soll 1m,9 und deren Entfernung mit der Kante von der Mitte des nächsten Geleises:

a. an Hauptgleisen 2m,144;
b. „ Nebengeleisen 1m,67;

betragen.

Auf allen Bahnhöfen, wo Locomotiven stationirt sind, müssen besondere, bedachte Kohlen-Lade-Bühnen angelegt werden. Die Ladebühnen haben 60 bis 200 □ Meter. Der Raum für Reservecoaks 20—150 □ Meter. Ladebühnen vorne offen, an beiden Lang-

seiten ein Gleis, für die entladenden Wagen auf der einen, die Maschinen zum Kohlennehmen auf der anderen Seite. In der Regel liegen neben dem Kohlenschuppen die Wasserkrahnen und Locomotiv-Drehscheiben.

Der Raum für das Holz zum Anheizen soll eine Grösse von 20—40 □ Meter erhalten und womöglich mit dem Oel-Magazin und Vorarbeiter-Zimmer unter der Kohlen-Ladebühne angelegt werden; der Raum für Reserve-Coaks kann bis auf die Planumshöhe hinabreichen.

18. Die lichte Länge der Wagenschuppen:
für einen Wagen = $13^m,5$ = (11 + 2 · $1^m,25$);
„ zwei „ = $24^m,5$ = (2 · 11 + 2 · $1^m,25$);
„ drei „ = $35^m,5$ = (3 · 11 + 2 · $1^m,24$).

19. Die lichte Weite der Wagenschuppen:
für ein Gleis = 6^m = (2 · 3);
„ zwei Geleise = $10^m,7$ = (4,7 + 2 · 3);
„ drei „ = ohne Säulen = $15^m,4$;
„ „ „ = mit „ = $16^m,0$.

20. Die Wasserstationen sind in dreierlei Grössen herzustellen:
a. Classe I mit Wasser-Reservoirs von 77 Kb^m. Inhalt und Dampf-Doppel-Pumpe für Hauptstationen;
b. Classe II mit Wasser-Reservoirs von 39 Kb^m. Inhalt und mit einfacher Dampfpumpe;
c. Classe III mit Wasser-Reservoirs von 19 Kb^m. Inhalt und Handpumpe.

Die Reservoirs erhalten im Allgemeinen eine Länge von $3^m,75$, eine Breite von $2^m,5$ und eine Höhe von $2^m,2$. Die Sohle der Reservoirs mindestens 5^m über Schienen-Oberkante.

21. Mit den Wasserstationen sind Räume zu Reserve-Coaks für die Locomotiven nicht zu verbinden, dagegen muss in den Wasserstationen I. u. II. Classe, mit Dampfmaschinen-Betrieb, ein verschliessbarer Raum zur Aufbewahrung von Kohlen, Putzmaterial etc. zur Bedienung der kleinen Dampfmaschine angelegt werden. Für die Wasserstationen III. Classe mit Handpumpe ist ein solcher Raum selbstverständlich nicht erforderlich.

22. Die Locomotivschuppen für grössere Bahnhöfe sind so zu projectiren, dass in zweckmässiger Verbindung mit denselben, oder doch in der Nähe, demnächst eine Erweiterung bis auf die doppelte Zahl der Stände stattfinden kann, ohne wesentliche Theile des Bestehenden beseitigen zu müssen.

23. Mit den Locomotivschuppen sind, wo möglich im unmittelbaren Zusammenhange, zu verbinden:
a. ein Raum für die Locomotivführer;
b. ein Raum für die Arbeiter;
c. ein Uebernachtungslokal für das fremde Locomotiv-Personal;
d. ein kleines Magazin;
e. eine kleine Wohnung für den Maschinenwärter der Dampfmaschine;
f. eine Wasserstation.

24. In den Stationsgebäuden der kleinsten Bahnhöfe (beispielsweise bei Orten von 500—1000 Einwohnern), mit welchen ein kleiner Güterlagerraum (von 70—80 □ Meter Lagerraum) verbunden wird, ist für die Expedition nur ein Raum anzunehmen, in welchem die Billets verkauft werden und der Telegraphen-Apparat aufzustellen ist. Dieser Raum ist mit dem Güterlagerraum durch eine Thür zu verbinden, so dass darin die Waage aufgestellt und das Gepäck expedirt werden kann. Der Fussboden des Güter-Lager-Raumes liegt, wie der des Stationsgebäudes, $0^m,575$ über Schienenoberkante.

25. In den Stations-Gebäuden der etwas grösseren Bahnhöfe, mit welchen ein entsprechend grösserer Güterlagerraum verbunden wird (etwa 90—100 □ M. Lagerraum) sind für die Expedition zwei Räume herzustellen, von denen der eine zum Billet-Verkauf und für den Telegraphen-Apparat, der andere zur Gepäck- und Eilgut-Expedition bestimmt ist und einen Ausgang zum Perron hat. Auf derartigen Bahnhöfen kann übrigens auch ein besonderer Güterschuppen (150—200 □ M. Lagerraum) unter Umständen erforderlich werden.
26. Auf den grösseren Stationen sind in den Stations-Gebäuden drei Expeditions-Räume anzulegen, der eine für den Bahnhof-Inspector, der zweite zum Billet-Verkauf und eventuell für den Telegraphen-Apparat, der dritte zur Gepäck- und Eilgut-Expedition. Von diesen Räumen müssen der erste und dritte einen Ausgang nach dem Perron erhalten.
27. In den Stationsgebäuden ist, wenn es die Anordnung irgend gestattet, zwischen den beiden Wartesälen ein kleiner Raum als Büffet anzulegen, wo der Restaurateur seine Vorräthe und Geschirre aufbewahrt. Nach dem Wartesaale I. und II. Classe ist in der Regel ein Büffet-Tisch nicht anzunehmen und ist ein solcher nur auf den Anschluss-Stationen, wo die Restaurationen eine grössere Bedeutung haben, erforderlich. In dem Wartesaale III. u. IV. Classe ist dagegen in der Regel ein Büffet-Tisch so aufzustellen, dass von dem Büffet eine Communication nach dem Wartesaale möglich ist. Von dem Wartesaale I. und II. Classe ist nach dem Büffet nur eine Thür herzustellen, so dass der durch eine Klingel herbeigerufene Restaurateur leicht in den Wartesaal gelangen kann. Die kleinsten Bahnhöfe bei Orten von 500—1000 Einwohnern haben Wartesäle I. u. II. Classe von etwa 25 □ Meter und III. u. IV. Classe von etwa 50 □ Meter, die nächstgrösseren (bei Orten von 1000—4000 Einwohnern) von 50 resp. 100 □ Meter.
28. In den Nebengebäuden (Aborts- und Wirthschaftsgebäuden) ist ein Raum für eine fahrbare Feuerspritze und sonstige Löschgeräthe anzulegen, und zwar auf den grossen Bahnhöfen, für eine Spritze der grossen Art, ein Raum von etwa $3^m,75$ und 5^m, auf den kleinen Bahnhöfen von etwa $3^m,75$ und 3^m Grösse.
29. In den abgesondert zu erbauenden Güterschuppen der Bahnhöfe ist ein Raum (auf grossen Stationen mehrere) für die Expedition und ein Raum für die Güter-Arbeiter, anzulegen, mit einem Eingange am Giebelende des Schuppens. Auch ist ein besonderer Raum für einzelne werthvolle Güterstücke erforderlich, welcher über den ersteren Räumen angelegt werden kann.

    Wenn der Güterschuppen an einer Stelle erbaut werden muss, wo ein höherer Auftrag und daher eine tiefe Fundamentirung nothwendig ist, so ist unter demselben eine Unterkellerung mit einem Treppeneingange im Innern und einem Schachteinlassloche von Aussen herzurichten. Fussboden des Schuppens $1^m,19$ über Schienen-Oberkante; die an beiden Seiten durchlaufenden Perrons 1^m breit. Das Dach springt vor der Güterschuppen-Mauer 4^m vor, so zwar, dass das Normalprofil Platz hat.

    Bodenräume sind über den Güterschuppen in der Regel nicht herzustellen.
30. Die Perrons müssen nach der Stadtseite in der Regel eine Einfriedigung zum Abschlusse erhalten.
31. Auf denjenigen Bahnhöfen, wo Brückenwaagen erforderlich sind, sollen dieselben in durchgehenden Nebengeleisen in der Weise angelegt werden, dass sie für den Producten-Verkehr möglichst bequem liegen. Die Brückenwaagen sind zum Feststellen einzurichten und so solide zu construiren, dass beladene Waagen über dieselben ohne Anstand passiren können.

32. Zur Entwässerung der Bahnhöfe sind Kanal-Anlagen beim Bau nur da vorzusehen und auszuführen, wo der Boden undurchlässig ist und eine künstliche Entwässerung unbedingt erfordert. Im Uebrigen ist das sich etwa herausstellende Bedürfniss zu erwarten, und die künstliche Entwässerung später herzustellen.

In allen Fällen ist die Anlage von gemauerten Kanälen grösserer Art thunlichst zu beschränken und möglichst ausgedehnte Anwendung von Drainszügen oder von einfachen aus Ziegeln zusammengesetzten kleinen Rinnen zu machen.

33. Die Brunnen für die Dienstwohnungen und den Dienst im Stationsgebäude sind sichtbar so anzulegen, dass dieselben auch von dem reisenden Publikum benutzt werden können.

34. Für die Bahnhöfe ist an denjenigen Orten Gasbeleuchtung vorzusehen, wo öffentliche Gasanstalten vorhanden sind.

Die Gasbeleuchtungs-Anlagen sollen indess nur da zur Ausführung gelangen, wo das Gas zu einem Preise von höchstens 4 Thlr. 25 Sgr. pro 100 Kbm. bezogen werden kann.

35. Da, wo bedeckte Perrons ausgeführt werden, sind dieselben mit Steinplatten oder Asphalt zu befestigen und mit den Wartezimmern etc. in den Stationsgebäuden in gleiche Höhe zu legen. Der Fussboden ist in Hallen horizontal, unter bedachten Perrons dagegen mit einem Gefälle von 1:48 herzustellen.

36. Die unbedachten Perrons sind nach einem Gefälle 1:36 anzulegen und nur mit Kies zu befestigen. Bei diesen Perrons wird der Fussboden der Stationsgebäude um eine Stufe von 0m,16 höher als die anstossende Hinterkante des Perrons angelegt.

37. Die Bahnhöfe erhalten in der Regel als Einfriedigung eine lebendige Hecke, welche anfangs durch einen Spriegelzaun zu schützen ist. An den Enden über den Geleisen erhalten die Bahnhöfe einen Abschluss nicht.

38. Alle neu anzulegenden Bahnhöfe sind so zu projectiren, dass sich bei eintretendem Bedürfnisse eine Vergrösserung der Geleise-Anlage ohne Beseitigung von Gebäulichkeiten oder sonstigen wesentlichen Anlagen leicht ausführen lässt.

Die Schienen- resp. Weichenlage muss desshalb auf ein grösseres Bedürfniss projectirt werden, wenn zunächst auch nur ein Theil der projectirten Geleise zur Ausführung zu kommen braucht.

Hiernach müssen alle Gebäulichkeiten soweit auseinandergelegt werden, dass die Durchführung einer auch für die Zukunft ausreichenden Anzahl Geleise (in der Breite des Bahnhofes) möglich bleibt.

Tit. XIII.

32. Sonstige und ausserordentliche Anlagen.

Verlegungen von Chausseen und grösseren Wegen, Fluss-Verlegungen und Fluss-Regulirungen, sonstige Anlagen: Häfen, Fähren, Zweigbahnen, Durchführungen durch Festungswerke etc. sind besonders zu projectiren und lassen sich allgemeine Angaben nicht machen.

33. Zu den Titeln XIV. Betriebsmittel, XV. Verwaltungskosten, XVI. Insgemein, XVII. Zinsen während der Bauzeit

finden sich Angaben über das, was diese Titel enthalten, in B. Eintheilung des Kosten-Anschlages der hannoverschen Staats-Eisenbahnen und Grundsätze zur Aufstellung des generellen Kosten-Anschlages der schlesischen Gebirgsbahn, auch in Plessner, und in Housinger's Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften 1. Band 1877. Auch Housinger's Kalender XXXIII. Notizen aus dem Eisenbahnbetriebe.

Ueber Tit. XV. bemerken Richard & Mackenson (Housing. Ing.-Wissensch. I. 1877 pag. 112) das Folgende (welches in Hous. Kalender nicht erwähnt ist): Dieser Titel umfasst die Kosten für Vorarbeiten, für Gehälter des Baupersonals und der Direction, sowie die Kosten für Bureaumiethen, Bureau-Utensilien, Botenlöhne und Porto.

Die Kosten für generelle Vorarbeiten, in dem Umfange wie sie nach den Vorschriften des preussischen Ministeriums verlangt werden (vergl. § 9), können bei Anwendung des Aneroides und unter Voraussetzung, dass brauchbare Feldmarkskarten vorhanden sind, pro Kilometer veranschlagt werden:

in ebenem Terrain zu 60—75 Mark,
in hügeligem Terrain zu 90—120 Mark,
in gebirgigem Terrain zu 120—160 Mark.

Specielle Vorarbeiten, wie solche von dem preuss. Handels-Ministerium (vergl. § 15 der Vorschriften) verlangt werden, bei ausgedehnter Anwendung des Tachymeters und unter der Voraussetzung, dass brauchbare Catasterkarten zur Verfügung sind, incl. Grundstücksvermessung und Kartirung:

in ebenem	Terrain	pro	Kilom.	zu	250—300	Mark,
„ hügeligem	„	„	„	„	450—600	„
„ gebirgigem	„	„	„	„	600—850	„

Die angegebenen Preise setzen ein sehr geübtes Personal voraus, sonst können sie sich auf das Doppelte und mehr erhöhen.

Für Gehälter, Diäten und Reisekosten der Ingenieure, Geometer, Aufseher, Schreiber, Zeichner etc. während der Bau-Ausführung pro Kilometer 1500—2000 Mark.

Für Gehälter und Reisekosten der Directions-Mitglieder und des nöthigen Hilfspersonals, der Rendantur und Kassenbeamten, incl. Bureaumiethe pro Kilometer rund 1000 Mark.

Für Bureaumiethe, Bureau-Utensilien, Heizung und Beleuchtung der Bureaux, sowie für Beschaffung der Instrumente etc., Botenlöhne und Briefporto, pro Kilometer 300—350 Mark.

Da die Kosten des Titel XVI. in engem Zusammenhange mit der grösseren oder geringeren Schwierigkeit oder Kostspieligkeit der Bau-Aus-

führung stehen, so pflegt man häufig diese Kosten, statt sie zu specialisiren, nach Procenten der Gesammtsumme der Titel I.—XV. zu veranschlagen, und können für dieselben von dieser Summe 3 Procent gerechnet werden.

Titel XVI. Insgemein. Für alle unvorgesehenen Fälle, für Störung im Bau durch höhere Gewalt, ferner für die Kosten der Baupolizei und Krankenpflege und schliesslich für Gratificationen an Directoren und Baubeamte, für Reserven an Geräthen und Materialien, sowie für Eröffnungs-Feierlichkeiten, kann man 3 Procent des Ganzen sub Tit. I.—XV. veranschlagten Kapitals rechnen.

Titel XVII. Zinsen während der Bauzeit werden bei Staatsbahnen nicht berechnet. Bei Privatbahnen muss man das Bau-Kapital beispielsweise mit 5 Procent verzinsen und die Zinsen, je nachdem man das Geldbedürfniss für die verschiedenen Baujahre, indem man zu Anfang des Jahres dasselbe rechtzeitig flüssig haben muss, ermittelt hat, berechnen; oder auch man rechnet durchschnittlich etwa $2^1/_2$ Procent des ganzen Capitals für jedes Baujahr.

D) Das Betriebs-Material

in seinen Beziehungen zur Bahn.

a) Die Locomotive.

I. Allgemeine Gesichtspunkte.

Handelt es sich darum, auf einer Eisenbahn von der Steigung $\frac{1}{n}$ eine Last von Q Tons auf eine bestimmte Höhe mit Hülfe einer Locomotive zu schaffen, so kann diese mit gegebener Zugkraft mehr Wagen hinaufschleppen, wenn die Steigung flach ist, dagegen wird der Weg, den sie durchlaufen muss, um so grösser, je flacher die Steigung ist. Es giebt daher, vorläufig nur die Kosten der eigentlichen Zugkraft berücksichtigt, eine günstigste Steigung, auf welcher der Quotient: beförderte Last des Zuges durch Weg, oder $\frac{Q}{n}$ ein Maximum wird. Kommen aber die Kosten der Bahn-Anlage in Rücksicht, so wird (bei gleichen Kosten der Längeneinheit der Bahn) die Steigung steiler werden müssen als vorhin, da unter sonst gleichen Umständen die jetzt mit influirenden Anlagekosten der Bahn um so geringer werden, je kürzer sie ist.

Beispiel. Für eine Tender-Locomotive von 40 Tons mit 3 Achsen, wovon 2 gekuppelte ein adhärirendes Gewicht von 27 Tons haben, mit 22,5 Kilom. Geschwindigkeit pro Stunde, bei einem Widerstande der Locomotive pro Tonne ihres Gewichtes von 10,5 Kil. (Widerstand des Mechanismus inbegriffen) auf der Horizontalen auf den Umfang der Treibräder reduzirt, und 2,5 Kil. pro Tonne des Zuges auf der Horizontalen, bei einem Ueberdruck im Kessel von 7,5 Atmosphären und Zugkraft von 2950 Kil. bei Dampf-Admission während 40 Procent des Kolbenlaufes, berechnet sich, etwas abgerundet,

$$\frac{Q}{n} = \frac{1012\ n - 16000}{n\ (n + 400)}$$

Man erhält dann:

1) Wenn man das erste Differential-Verhältniss $\frac{dQ}{dn} = 0$ setzt, für die (als gerade angenommene) Bahn die günstigste Steigung $= \frac{1}{96{,}884}$ oder rund $\frac{1}{97}$.

Unter gewissen Veraussetzungen für die Anlagekosten der Bahn und des Betriebs-Materiales, und geforderte Verzinsung und Amortisation dieses Capitals, für die Betriebskosten und den Erneuerungs- wie Reservefonds, findet sich, eine specifische Frequenz (vergl. pag. 4 Programm) von jährlich 250000 Tons Brutto bergauf und 200000 Tons bergab angenommen, die günstigste Steigung zu $\frac{1}{35{,}60}$*).

3) Würde der Verkehr so gross, dass von den jährlichen Ausgaben diejenigen, welche theils annähernd, theils genau mit der Länge der Bahn wachsen, gegen die von der Grösse des Verkehrs abhängigen verschwindend klein werden (also an der Grenze des unendlich grossen Verkehrsquantums, wenn ein solches möglich wäre), so wird die günstigste Steigung sehr nahe $\frac{1}{66}$.

4) Würde dasselbe wie sub 3 stattfinden und kosteten auch die Wagen und Locomotiven in der Anschaffung und Erneuerung Nichts (wenn dies möglich wäre), so würde die günstigste Steigung $\frac{1}{96{,}884}$ sein, wie schon oben gefunden.

---

*) Dies wird in der „Anleitung zur Rentabilitätsberechnung und zum Veranschlagen“ detaillirt nachgewiesen werden, unter Ermittelung der Tarife, welche, um die geforderte Verzinsung des Anlage-Capitals zu erlangen, gezahlt werden müssen.

5) Würden aber die aus dem Transporte und aus dem was mit ihm zusammenhängt entstehenden Ausgaben, unendlich gering gegen die mit der Bahnlänge wachsenden Kosten (also z. B. bei endlicher Verkehrsgrösse das Anlage-Capital der Bahn unendlich gross), so würde die günstigste Steigung $\frac{1}{15{,}81}$ sein, d. h. diejenige, für welche der Zähler des oben angegebenen Werthes von $Q = 0$ wird und auf welche also sich die Locomotive nur allein mit 22,5 Kilom. pro Stunde hinaufbringen kann, welche Steigung demnach die überhaupt noch mögliche, geringste Bahnlänge ergiebt.

Eine Discussion der Resultate sub 1 bis 5 und der Formeln, welche zu ihnen führten, giebt Aufklärung über den Zusammenhang zwischen Anlagekosten, Betriebskosten und Frequenz der Bahn mit der zu wählenden maassgebenden Gradiente.

Der Einfluss der Construction der Locomotive und des dabei vorkommenden Verhältnisses ihres Gewichtes zu ihrer Leistung (Gewicht durch Heizfläche dividirt, oder, was gleichbedeutend, durch Anzahl Pferdekräfte bei normaler Leistung), geht aus Folgendem hervor. Wird, statt der vorhin angenommenen Locomotive, eine Tender-Locomotive von Krauss & Co. angenommen (bei welchen Maschinen Heizfläche durch Gewicht dividirt sehr gross ist), von 26 Tonnen Eigengewicht und mit 2 Achsen, die gekuppelt, daher adhärirendes Gewicht gleich dem ganzen Eigengewicht, mit 12 Atmosphären Ueberdruck im Kessel, Geschwindigkeit 20 Kilom. pro Stunde, Widerstand der Locomotive resp. des Zuges auf der Horizontalen 10,2 resp. 2,4 Kilom. pro Tonne, und Zugkraft von 3533 Kilogr. bei Dampfadmission von 35 Procent des Kolbenlaufes, so wird abgerundet

$$\frac{Q}{n} = \frac{1362\,n - 10833}{n\,(n + 417)}$$

und man erhält unter sonst gleichen Verhältnissen wie vorhin die günstigsten Steigungen ad

$$1) = \frac{1}{66{,}09};\ 2) = \frac{1}{20{,}234};\ 3) = \frac{1}{40{,}70};$$

$$4) = \frac{1}{66{,}09};\ \text{endlich } 5) = \frac{1}{7{,}9573};$$

letztere als die Steigung, auf welche die Locomotive mit 20 Kilom. pro. Stunde sich noch selbst hinaufbringen kann.

Die Untersuchungen über die günstigste Steigung ergeben auch, dass die immer mehr Anhänger gewinnende Ansicht: dass der Werth flacher Steigungen bei Bahnen zweiten Ranges zu hoch angeschlagen werde und dass eine Verringerung der Geschwindigkeit der Güterzüge und damit des Widerstandes und der Abnutzung der Bahn angestrebt werden müsse, während die Personenzüge auch auf stark ansteigenden Gebirgsbahnen (angesichts des relativ geringeren Personenverkehrs auf diesen Bahnen) immerhin noch genügende Geschwindigkeit haben können, auch soweit aus den obigen Betrachtungen dies sich beurtheilen lässt, gegründet erscheinen muss. [1])

Im Folgenden ist, um die von Grove in Heus. Spec. E. T. III. Band „der Locomotivbau" aufgestellten Formeln gebrauchen zu können, für Locomotive und Zug ein durchschnittlicher Widerstand angenommen und der Widerstand des Mechanismus der Locomotive durch Einführung eines Güteverhältnisses (kleiner als Eins), womit die Arbeit hinter dem Kolben multiplicirt wird, um die am Umfange der Treibräder disponible (daher kleinere) Arbeit zu erhalten, berücksichtigt.

---

[1]) *Vergl. Hartwich, über den bisherigen Gang der Entwickelung des Eisenbahn-Wesens, Berlin, Simion 1877 und dessen darin citirten früheren Schriften, in welchen schon 1852 auf die Nachtheile grosser Fahrgeschwindigkeiten (der gewöhnlichen Personenzüge und Güterzüge) aufmerksam gemacht wurde.*

2. Berechnung der Lokomotiven.

Tabelle I.

über die durchschnittlichen Dimensionen verschiedener Arten von Locomotiven auf breitspurigen Bahnen, bei 8 bis 12 Atmosphären Kesselspannung (7 bis 11 Atm. Ueberdruck)
und
Maximalbelastung einer Achse von 280 Centner Zollgewicht, nach Grove.

(Handbuch der speciellen Eisenbahn-Technik von Heusinger. III. Bd. 1874. Der Locomotivbau, pag. 114.)

Art der Maschine.	Geschwindigkeit pro Sec. Meter.	Anzahl Achsen des Zuges.	Gewicht des Zuges selbst, ohne Maschine. Tons.	Anzahl Treibachsen.	Cylinder-Durchmesser. Meter.	Kolbenhub. Meter.	Treibrad-Durchmesser. Meter.	Laufrad-Durchmesser. Meter.	Rostfläche. Quadr.-Meter.	Heizfläche directe. Quadr.-Meter.	Heizfläche indirecte. Quadr.-Meter.	Gewicht der Maschine leer. Ctr.	Gewicht der Maschine dienstfähig. Ctr.	Geschwindigkeit. Kilom. pro Stunde.
Schnellzugmaschine für leichte Personenzüge, Tender etwa 17½ Tons mit Wasser und Kohlen.	16 bis 25	15 bis 30	75—150	1 bis 2	0,38 bis 0,42	0,51 bis 0,61	1,7—2,1 selbst bis 2,5	1 bis 1,25	0,95 bis 1,70	6,0 bis 7,0	70,0 bis 100,0	450 bis 630	50 bis 80 mehr.	57,6 bis 90.
Personenzugmaschine, Tender 17½ Tons wie oben.	10 bis 18	20 bis 40	100—200	1 bis 2	0,40 bis 0,43	0,51 bis 0,61	1,4 bis 1,7	1 bis 1,25	0,95 bis 1,75	5,5 bis 8,0	70,0 bis 110,0	450 bis 640	50 bis 80 mehr.	36 bis 64,8.
Güter- oder Lastzugmaschine. Tender 17½ Tons wie oben.	6 bis 9	60 bis 180	250—700	2 besser 3	0,41 bis 0,43	0,61 bis 0,66	1,2 bis 1,4	0,94 bis 1,10	1,1 bis 2,0	6,0 bis 9,0	80 bis 120	525 bis 700	60 bis 120 mehr.	21,6 bis 32,4.
Gebirgsmaschine, für starke Steigungen bis $\frac{1}{40}$, Tender 17,5 Tons dienstfähig.	6—10 für Personenz. 4—6 für Güterzüge	—	—	3 auch 4	0,46 bis 0,5	0,61 bis 0,68	1,06 bis 1,30	keine.	1,30 bis 2,00	7 bis 10	100 bis 200	650 bis 825	100 bis 120 mehr.	21,6 bis 36 Pers.-Züge. 14,4 bis 21,6 für Güterz.
Rangirmaschine, oder für kurze Zweigbahnen (meistens Tendermaschinen).	Geringe Geschwindigkeit.	—	—	2 oder 3	0,2 bis 0,4	0,51 bis 0,61	0,95 bis 1,37	0,91 bis 1,05	0,70 bis 1,10	4,5 bis 8,0	42 bis 90	350 bis 650	80 bis 200 mehr.	

Maschinen für gemischte Züge d. s. Güterzüge mit Personenbeförderung mit 9—12 Meter pro Secunde Geschwindigkeit, erhalten 2 gekuppelte Achsen und können als Uebergang von den Personenzug- zu den Güterzugmaschinen betrachtet werden.

Tabelle II.

über schwere Maschinen auf breitspurigen Bahnen (preuss. Maass). Organ 1865, pag. 82.

(1 Fuss preuss. = 0m,3139, 1 □Fuss = 0,0986 □Meter, 1 Meile = 7,5 Kilom.)

Bezeichnung der Locomotiven.	Beschreibung der Construction.	Jahr.	Cylinder- Durchmesser. Zoll.	Cylinder- Hub. Zoll.	Heizfläche. Quadr.-Fuss.	Anzal der Räder im Ganzen.	Anzal der Räder Treibräder.	Durchmesser der Treibräder.	Adhärirendes Gewicht. Ctr.	Gewicht der Maschine mit gefülltem Tender. Ctr.	Maximalleistung Steigung der Bahn.	Maximalleistung Curven bis Fuss.	Maximalleistung Geschwindigkeit pr. Stunde. Meilen.	* Brutto-Gewicht des Zuges. Centner.	Maximalbelastung pro Achse. Ctr.	Heizfläche durch Gewicht.
1) Güterzug-Maschine. Semmering-Bahn.	Tender-Maschine von Engerth. Ursprüngl. alle 5 Achsen gekuppelt. Zahnradvorgelege. 2 Cylinder.	1852	18	23 1/3	1557	6	6	3′ 4,7″	750	1180	1/40	580	circa 2 Meilen. (15 Kilom.)	2600 bis 3000	360	1,3101
2) Güterzug-Maschine auf Giovi-Ebene (Turin-Genua).	Zwillings-Maschine. Zwei mit dem Rücken zugekehrte Tendermaschinen. Jede 2 Cylinder.	1854	14	22	—	8	8	3′ 4,14″	1080	1080	1/28,6 1/34,1	960	circa 2 2/3 Meil. (20 Kilom.)	1600 bis 2160	circa 270	—
3) Güterzug-Maschine „Die Rampe". (Lyon-Marseille.)	System Beugniot mit besonderem Tender. 2 Cylinder.	1860	20,64	21,4	1756	10	8	3′ 9,8″	946	1417	1/40	—	circa 2,, Meilen. (15,,, Kilm.)	3100	238	1,2392
4) Güterzug-Maschine. Semmering-Bahn.	Wie ad 1, umgebaut. 4 gekupp. Achsen an Maschine, besonderer Tender, 2 Cylinder.	1861	18	23 1/3	1557	8	8	3′ 4,7″	928	1320	1/40	580	circa 2 Meilen. (15 Kilom.)	3500	240	1,1798
5) Güterzug-Maschine. Steierdorf für die Zweigbahn Oravicza-Steierdorf.	Tender-Locomotiven mit 5 gekupp. Achsen. Syst. Engerth. Kessel auf 2 Gestellen mit Blindachse gekupp. 2 Cylinder.	1862	17,5	24	1230	10	10	3′ 2″	935	935	1/40	300	circa 3 Meil. (22,5 Kilo.)	3120	246	1,3155
6) Güterzug-Maschine. Spanische Bahn (Zaragoza-Alsasua).	Gouin Tenderlocomotive nach Petiet. 4 Cylinder. Jedes Cylinderpaar hat 3 gekuppelte Achsen.	1863	16,82	16,82	2126	12	12	3′ 5″	1152	1152	1/55,8	400	—	5000	192	1,8455

* Exclusive Gewicht der Maschine mit Tender.

Tabelle III.

für die jetzt üblichen Dampfspannungen von p = 8—10 Atmosphären Kesselspannung (absolute), oder 7—8 Atmosphären Ueberdruck,.

(1 Atmosphäre = 1 Kilogr. pr. □ Cent.)

Maschinen-Gattung.	$\frac{l_1}{l}$, Admission oder Füllung in Theilen des Kolbenlaufes für normale Leistung.	$\frac{p_i}{p}$. mittl. nützl. od. effective Spannung. durch absolute Spannung im Kessel dividirt.	$\frac{D}{N}$ Dampfgewicht, verbraucht stündlich pro Pferdekraft Kilogr.	$\frac{D}{H}$ Dampfgewicht pro Quadrat-Meter Heizfläche stündlich in Kilogr.	$\frac{N}{H}$, Pferdekräfte pro Quadr.-Meter Heizfläche, wenn pro Pferdekraft $\frac{B}{N}$ Kilogramm stündlich verbrannt werden.	$\frac{D}{B}$ Dampfgewicht pro Kilogr. Brennmaterial.		$\frac{B}{N}$ Kilogr. Brennmaterial pro Pferdekraft und Stunde.	
						Coaks.	Kohlen.	Coaks.	Kohlen.
Schnellzugmaschine	0,25	0,45	11,5	43	3,75	5,70	5,00	2,00	2,30
Personenzugmaschine	0,30	0,50	12,0	39	3,25	5,90	5,30	2,00	2,30
Güterzugmaschine	0,40	0,60	13,5	34	2,80	6,40	5,75	2,10	2,35
Gebirgszugmaschine	0,50	0,70	14,5	31	2,15	6,60	6,00	2,20	2,40

Hohe Kesselspannung und grosse Expansion (kleine Füllung) sind in Bezug auf Brennmaterialverbrauch am vortheilhaftesten. Mit Vergrösserung der Expansion (Verkleinerung der Füllung) wächst der Cylinderdurchmesser, bei vergrösserter Kolbengeschwindigkeit wird derselbe kleiner. Weil aber der verfügbare Raum die Cylinderdimensionen in enge Grenzen einschliesst, muss man die Expansion um so geringer (also die Füllung um so grösser) nehmen, je kleiner die Kolbengeschwindigkeit ausfällt, d. h. bei Güterzugmaschinen muss man stärkere Füllung als bei Personenzugmaschinen anwenden. Der dadurch den Güterzugmaschinen erwachsende Nachtheil in Bezug auf Brennmaterialverbrauch, wird durch die bei ihnen, des adhärirenden Gewichtes wegen, vorhandene grössere Heizfläche (grösseres Kesselgewicht) wieder ausgeglichen.

Die Adhäsion, nach welcher man das erforderliche adhärirende Gewicht berechnet, wird gewöhnlich zu $\frac{1}{7}$ angenommen; da sie in günstigen Fällen $\frac{1}{5}$ ist, so ist meistens genug Ueberschuss an Kraft (Zugkraft) vorhanden, um (bei mehr Füllung als die normale) den Zug bald in Gang bringen (gehörig aus der Ruhe beschleunigen) zu können.

N sind die effectiven, am Umfange des Treibrades disponiblen Pferdekräfte, also nach Abzug der Maschinen-Reibung.

Tabelle IV.

des mittleren indicirten Kolbendruckes p_i; in Kilogr. pro □Centimeter und des stündlichen Dampfverbrauches D pro Pferdekraft in Kilogr.

(nach Grove a. a. O. pag. 160).

$\frac{l}{l}$	p = 4			$\frac{p_i}{p}$	$\frac{D}{N}$	p = 6			$\frac{p_i}{p}$	$\frac{D}{N}$	p = 8			$\frac{p_i}{p}$	$\frac{D}{N}$	p = 10			$\frac{p_i}{p}$	$\frac{D}{N}$
	p_m	q_m	p_i			p_m	q_m	p_i			p_m	q_m	p_i			p_m	q_m	p_i		
0,7	3,84	1,33	2,51	0,627	22,6	5,76	1,58	4,18	0,697	20,0	7,68	1,78	5,90	0,738	18,7	9,60	2,06	7,54	0,754	18,1
0,6	3,68	1,33	2,35	0,588	21,0	5,52	1,58	3,94	0,657	18,7	7,36	1,81	5,55	0,694	17,4	9,20	2,06	7,14	0,714	16,8
0,5	3,52	1,35	2,17	0,543	18,9	5,28	1,59	3,69	0,615	16,7	7,04	1,82	5,22	0,653	15,6	8,80	2,06	6,74	0,674	15,05
0,4	3,24	1,37	1,87	0,468	17,5	4,86	1,59	3,27	0,545	15,2	6,48	1,82	4,66	0,583	14,2	8,10	2,04	6,06	0,606	13,6
0,3	2,96	1,40	1,56	0,390	15,4	4,44	1,61	2,83	0,471	13,6	5,92	1,82	4,10	0,513	12,2	7,40	2,02	5,38	0,538	11,7
0,2	2,52	1,43	1,09	0,273	14,2	3,78	1,64	2,14	0,357	12,0	5,04	1,82	3,22	0,403	11,0	6,30	2,02	4,28	0,428	10,6
0,1	2,00	1,46	0,54	0,135	12,3	3,00	1,63	1,63	0,229	10,0	4,00	1,79	2,21	0,277	9,6	5,00	1,97	3,03	0,303	9,2

Hierin bedeuten p den absoluten Druck im Kessel in Kilogr. per □Cent. oder in Atmosphären; q_m den mittleren Rückdruck desgl.; p_m den mittleren Druck auf der activen Kolbenseite, also $p_1 = p_m - q_m$; $\frac{l_1}{l}$ die Dampf-Admission, d. h. bei dem Kolbenlaufe = 1 wird auf die Länge l_1 Dampf (bei ganz geöffnetem Regulator) gegeben.

Ist F die Kolbenfläche, so ist der indicirte (durch den Indicator angezeigte) Effect in Pferdekräften pro Secunde, bei 2 Cylindern $N_1 = \frac{2\,F \cdot p_1\ v}{75}$; am Umfange des Treibrades ist aber, da die Widerstände der Reibung der Maschine abzuziehen sind, nur $N = g_m\ \frac{2\,F \cdot p_1\ v}{75}$ disponibel; hier drückt g_m das Güteverhältniss der Maschine nach folgender Tabelle V. aus, welches um so kleiner ist, je schwächer die Füllung (oder Admission).

Tabelle V.

Werthe für g_m (nach Grove a. a. O. p. 159).

$\frac{l_1}{l}$	0,7 oder mehr	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
g_m	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,72	0,62

3. Leistungen gegebener Locomotiven.

Nach Grove (Heusinger Spec. E. T. 1874 III. pag. 174 etc.) ist das Gewicht einer Locomotive im dienstfähigen Zustande für Maschinen mit besonderem Tender, in Tons durchschnittlich anzunehmen:

1) $$L = 15^t + \frac{H\ \square^m}{6}$$

und für Tendermaschinen in dienstfähigem Zustande (mit Wasser und Kohlen)

2) $$L = 11^t + 0{,}3\ H\ \square^m$$

worin H die Heizfläche in Quadratmetern bezeichnet.

Notiz. Das Gewicht der dienstfähigen Maschine zur leeren variirt bei Maschinen mit separatem Tender zwischen 1,12 bis 1,18 zu 1,00; und bei Tender-Maschinen zwischen 1,14 bis 1,29 : 1,00. Der Preis pro Centner leere Locomotive variirt, je nach dem Material und Arbeitspreisen und dem angewendeten Material, zwischen 60 bis 80 Mark (Schnellzugmaschine meistens die höheren Preise) und beträgt pro Centner Tender etwa 30 Mark.

Auf der rheinischen Bahn (842 Kilom. Betriebslänge) betrug (Geschäfts-Bericht von 1873) bei einem Bestande von 414 Locomotiven und 354 Tendern, das durchschnittliche Gewicht einer Locomotive, excl. Tender und ohne Füllung, 622 Centner, mit Füllung 701 Centner; das eines Tenders incl. Füllung mit Wasser und Kohlen 346 Ctr.; einer Tender-Locomotive mit Wasser und Kohlen 709 Centner. Die Durchschnittskosten einer Locomotive excl. Tender 14137 Thlr., eines Tenders 2949 Thlr., einer Locomotive mit Tender 17086 Thlr. und einer Tenderlocomotive 13721 Thlr.

Ist z der Widerstand des Zuges und der Locomotive, im Durchschnitt, unter günstigen Verhältnissen (schwere Züge über 100 Tons, gut unterhaltene Wagen und Bahn, Curven mit grossen Radien, schwacher Wind), so kann man setzen nach Grove

3) $$z^{kil.} = 2{,}25 + \frac{v^2}{80} \pm 1000\ i$$

pro Tonne, wenn v die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde, und i der Bruch, welcher die Steigung ausdrückt; das + Zeichen für hinauf und — Zeichen für hinabfahren; und für ungünstige Verhältnisse

4) $$z^{kil.} = 4 + \frac{v^2}{50} \pm 1000\ i$$

pro Tonne, für $\mathfrak{V}$ in Kilometern resp.

5) $$z^{kil.} = 2{,}25 + 0{,}00097\ \mathfrak{V}^2 \pm 1000\ i$$

6) und $$z^{kil.} = 4 + 0{,}00155\ \mathfrak{V}^2 \pm 1000\ i$$

Ist L das Gewicht der Locomotive und Q das Bruttogewicht des Zuges, in Tons, so sind die Pferdekräfte zum Bewegen des Zuges

7) $$N = \frac{(L + Q)\ z\ v}{75}$$

Statt dessen auch

8) $$\left(\frac{N}{H}\right) H = \frac{(L + Q)\ z\ v}{75}$$

Hieraus kann man z. B. ableiten das Gewicht des Zuges:

9) $$Q^t = \frac{75 \left(\frac{N}{H}\right) H}{z\ v} - L$$

wo v in Metern pro Secunde; für $\mathfrak{V}$ in Kilometern pro Stunde hat man zu setzen

$$\mathfrak{V} = 3{,}6\ v \text{ oder } v = 0{,}278\ \mathfrak{V}$$

Beispiel 1. (Nach Grove a. a. O. p. 173.)

Welche Last kann eine Schnellzugmaschine von 100 □Meter Heizfläche und einem Gewichte von

$$L = 15 + \frac{100}{6} = 31{,}66 \text{ Tons},$$

setze 32 Tons ziehen, ausser dem Tender von 20 Tons, auf der Horizontalen mit $v = 25$ Meter (oder 90 Kilom. pro Stunde), bei der für Schnellzugmaschinen nach Tabelle III normalen Verdampfungsfähigkeit von 43 Kilogr. Dampf pro □ Meter Heizfläche?

Nach Tabelle III ist $\frac{N}{H} = 3{,}75$ und nach Formel 3) ist $z = 10$ Kil. pro Tonne

hiernach aus 9)

$$Q = \frac{75 \cdot 3{,}75 \cdot 100}{10 \cdot 25} - 32 = 80{,}5 \text{ Tons},$$

so dass nach Abzug des Tenders $60{,}_5$ Tons fortzuschaffende Bruttolast des Zuges bleibt. Der Effect in Pferdekräften am Umfange des Treibrades ist nach Tab. III, $N = 3{,}_{75}\ H = 375$, und der stündliche Dampf- oder Wasserverbrauch $D = \left(\frac{D}{N}\right) N = 11{,}5 \cdot 375 =$ $4312{,}_5$ Kilogr. bei stündlich $B = \left(\frac{B}{N}\right) N = 2{,}3 \cdot 375 = 862{,}_5$ Kilogr. Kohlen. Jede Tonne der Brutto-Last des Zuges selbst erfordert während der Fahrt $\frac{862{,}_5}{60{,}_5} = 14{,}_3$ Kilogr. Kohlen stündlich, oder pro Tonnen-Kilometer der Bruttolast sind $\frac{14{,}_3}{90} = 0{,}159$ Kil. Kohlen erforderlich.

Beispiel 2. (Nach Grove a. a. O. pag. 203.) Dieselbe Frage wie im ersten Beispiel, bei einer Güterzugmaschine von 135 □Meter Heizfläche und mit Tender von 20 Tons, auf $\frac{1}{250}$ Steigung mit $v = 6^m{,}5$ oder 23,40 Kilom. pro Stunde unter günstigen Umständen.

Man findet nach 3)

$$z = 2{,}5 + \frac{6{,}5^2}{80} + \frac{1000}{250} = 7 \text{ Kil.}$$

$$\left(\frac{N}{H}\right) H = 2{,}5 \cdot 135 = 337{,}5 \text{ Pferdekräfte;}$$

$$\text{ferner } L = 15 + \frac{135}{6} = 37{,}5, \text{ setze 38 Tons,}$$

daher nach 9)

$$Q = \frac{75 \cdot 2{,}5 \cdot 135}{7 \cdot 6{,}5} - 38 = 556{,}31 - 38 = 518{,}31 \text{ Tons.}$$

Also nach Abzug von 20 Tons für den Tender bleiben rund 500 Tons Brutto-Gewicht des Zuges.

Nach Tab. III ist $D = \left(\frac{D}{N}\right) N = 13{,}5 \cdot 337{,}5 = 4556$ Kilogramm Dampf, und $B = 2{,}35 \cdot 337{,}5 = 793$ Kilogr. Kohlen pro Stunde. Jede Tonne der Brutto-Last des Zuges selbst erfordert stündlich $\frac{793}{500} = 1{,}59$ Kilogr. Kohlen, oder $\frac{1{,}59}{23{,}40} = 0{,}0679$ Kilogr. sind pro Tonnen-Kilometer erforderlich.

4. Construction einer Locomotive von geforderter Leistung.

Beispiel. Eine Güterzugmaschine vom Gewichte L Tons soll einen Zug, welcher mit Tender $518{,}_{31}$ Tons = Q wiegt (siehe voriges Beispiel) auf $\frac{1}{250}$ mit $6^m{,}5$ Geschwindigkeit pro Secunde = v, oder $23{,}_4$ Kilometer pro Stunde ziehen, unter günstigen Verhältnissen. Die Admission für die normale Leistung sei $\frac{l_1}{l} = 0{,}4$, der absolute

Dampfdruck im Kessel $p = 8{,}5$ Atmosphären, daher ist $\frac{p_1}{p} = 0{,}6$ nach Tabelle III;*) das Gütoverhältniss $g_m = 0{,}77$ nach Tabelle V.

Man hat nach 7)

$$N = \frac{(L + Q)\, zv}{75}$$

oder, da das von der Heizfläche abhängige Gewicht der Locomotive ausgedrückt wurde durch $\mathfrak{A} + \mathfrak{B}\, H\, \square^m = L$ Tons, wo die Coefficienten nach ausgeführten Locomotiven bestimmt wurden, ist

auch $$H = \frac{L - \mathfrak{A}}{\mathfrak{B}}$$

daher $$N = \left(\frac{N}{H}\right) H = \frac{N}{H} \cdot \frac{(L - \mathfrak{A})}{\mathfrak{B}} = \frac{(L + Q)\, zv}{75};$$

und hieraus das Gewicht der Locomotive

10) $$L = \frac{Q + \dfrac{75 \left(\frac{N}{H}\right) \mathfrak{A}}{\mathfrak{B}\, zv}}{\dfrac{75 \left(\frac{N}{H}\right)}{\mathfrak{B}\, zv} - 1.}$$

Nach Tabelle III ist $\frac{N}{H} = 2{,}5$, daher, weil nach 1)

$$L = 15 + {}^1/_6\, H\, \square^m \quad \text{(pag. 116)}$$

$$L = \frac{518{,}31 + \dfrac{75 \cdot 2{,}5 \cdot 15}{{}^1/_6 \cdot 7 \cdot 6{,}5}}{\dfrac{75 \cdot 2{,}5}{{}^1/_6 \cdot 7 \cdot 6{,}5} - 1.} = 37{,}5 \text{ Tons.}$$

Es ist ferner pro Tonne

11) $$z = 2{,}5 + \frac{6{,}5^2}{80} + \frac{1000}{250} = 7 \text{ Kilogr.};$$

Daher ist die Zugkraft zum Fortschaffen der Locomotive und des Zuges

12) $$Z = z\,(L + Q) = 7\,(518{,}31 + 37{,}5) = 3890{,}67 \text{ Kil.};$$

$$N = \frac{3890{,}67 \cdot 6{,}5}{75} = 337{,}19 \text{ Pferde};$$

und nach Tabelle III.

$$D = 13{,}5\, N = 4552{,}07 \text{ Kil. stündl. Dampfverbrauch};$$

$$B = 2{,}35\, N = 792{,}4 \text{ Kil. Kohlen pro Stunde};$$

$$H = \frac{N}{2{,}5} = 135\, \square^m;$$

---

*) Genauer ist nach Tabelle IV. durch Interpolation

$$\frac{p_1}{p} = 0{,}583 + \frac{(0{,}606 - 0{,}583)\, 0{,}5}{2} = 0{,}5887.$$

Da man die Rostfläche

13) $R = \frac{B}{500}$ bis $\frac{B}{600}$ in □Metern für Coaks und $R = \frac{B}{400}$ bis $\frac{B}{500}$ für Kohlen rechnet, so ist durchschnittlich hier $R = \frac{792,4}{450} = 1,76$ □Meter.

b. Wie gross kann die Steigung sein, auf welche die Locomotive den in zwei gleiche Theile getheilten Zug bei derselben Geschwindigkeit und gleichem Dampfverbrauch, also auch gleicher Zugkraft, hinaufzieht?

Man hat bei einem Tendergewicht von 20 Tons das Gewicht des halben Zuges

$$\frac{518,31 - 20}{2} = \frac{498,31}{2} = 249,155 \text{ Tons}$$

und desshalb nach 3) und 12)

$$(3 + 1000\,i)\,(249,155 + 20 + 37,5) = 3890,67 \text{ Kil.}$$

und hieraus

$$i = \frac{2971,7}{306655} = \frac{1}{103,19}$$

c) Auf welcher Steigung kann bei gleichbleibender Dampfproduction die Locomotive den ganzen Zug ziehen, wenn sie mit 70 Procent des Kolbenlaufes Admission, oder $\frac{l_1}{l} = 0,7$ arbeitet.

Note. Die Admission $\frac{l_1}{l}$ kann, bei den meisten Locomotiven, nach Art der Steuerung, zwischen 0,25 bis 0,80 des Kolbenlaufes variabel gemacht werden. Ausserdem kann man mit Hülfe des Regulators (aber unvortheilhaft) mit noch weniger Dampfzulass arbeiten.

Bei $\frac{l_1}{l} = 0,7$ ist nach Tab. IV. durch Interpolation

$$\frac{p_1}{p} = 0,738 + \frac{(0,754 - 0,738)\,0,5}{2} = 0,742$$

und da das Güteverhältniss g_m nach Tab. V. = 0,80 ist, so wird die Zugkraft

14) $$Z_1 = 3890,67 \cdot \frac{0,742}{0,6} \cdot \frac{0,8}{0,77} = 5000 \text{ Kil.}$$

Bei gleichbleibender Dampfproduction muss die Geschwindigkeit entsprechend der grössern Füllung abnehmen, also:

15) $$v_1 = \frac{0,4}{0,7} \cdot 6^m,5 = 3^m,71 \text{ pro Secunde}$$

oder 13,371 Kilom. pro Stunde.

$$N_1 = \frac{5000 \cdot 3,71}{75} = 247,33$$

Pferdekräfte; woraus zu ersehen, wie der Effect bei grösserer Füllung (geringerer Expansion) sinkt, denn früher ergab sich 337,19.

Es ist $$z_1 = 2{,}5 + \frac{3{,}71^2}{80} + 1000\ i$$
$$= 2{,}6718 + 1000\ i$$

Daher auch, weil nach 12)

$$Z_1 = (L + Q)\,(2{,}6718 + 1000\ i)$$

findet sich

16) $$i = \frac{Z_1 - (L + Q)\,2{,}6718}{1000\,(L + Q)}$$
$$= \frac{5000 - 555{,}81 \cdot 2{,}6718}{555810} = \frac{1}{158{,}12}$$

Man kann daher, wenn die maassgebende Gradiente $\frac{1}{250}$ war, eine Gradiente von $\frac{1}{158{,}12}$ unter Verringerung der Geschwindigkeit von 23,4 Kilom. auf 13,37 Kilom. pro Stunde ersteigen. Da man $\frac{l_1}{l}$ 0,8 machen kann (wofür man p_1, indem man durch Interpolation die Tabelle IV. fortsetzte, würde finden können), so könnte man eine noch etwas stärkere Steigung ersteigen.

Note. Durch Forcirung des Feuers mit ausgesuchten Kohlenstücken könnte man überdies die Dampfproduction auf nicht zu lange Zeit bis um die Hälfte vergrössern und daher die Geschwindigkeit auf $\frac{3}{2} \cdot 13{,}37$ Kilom. steigern — da der zulässige Druck im Kessel nicht überschritten werden darf — und endlich könnte man noch die lebendige Kraft des Zuges benutzen, um eine stärkere Steigung von gewisser Höhe unter Nachlassen der Geschwindigkeit zu ersteigen. *Vergl. Heus. Spec. E.-T. III. die Locomotive, und Heus. Ing.-Wiss. I. Koch.*

d. Die erforderliche Adhäsion ist im Falle sub a, wenn die Locomotive alle Räder gekuppelt hat (3 gekuppelte Achsen),

$$\frac{3890{,}67}{37500} = \frac{1}{10{,}38}$$

und sub c.

$$\frac{5000}{37500} = \frac{1}{7{,}5};$$

also in beiden Fällen genügend.

e) Dimensionen einiger Haupt-Constructionstheile.

Der Treibraddurchmesser kann nach Grove a. a. O. p. 106 gesetzt werden

$$\mathfrak{D} = 0^m{,}95 + 0{,}04\ v$$

und rechnet man, dass die Maschine auf der Horizontalen mit bis zu 9^m Geschwindigkeit läuft, so wird $\mathfrak{D} = 1^m{,}3$ gesetzt werden können. (Vergl. auch „Vereinbarungen“ § 163.)

Den Kolbenhub kann man nach Grove machen

$$l = 0^m{,}86 - 0{,}17\ \mathfrak{D},$$

aber nicht grösser als $\mathfrak{D} - 0^m{,}46$, also $l = 0^m{,}64$.

Ist d der Cylinderdurchmesser, so hat man wegen des Güteverhältnisses 0,77, wenn man die Arbeiten bei einer Umdrehung gleich setzt: 2 Cylinder × Kolbendruck × Kolbenweg × Gütoverhältniss = Zugkraft × Treibradumfang, oder

$$2 \cdot \left(p_i \frac{d^2 \pi}{4}\right) \cdot 2\,l \cdot 0{,}77 = Z\,\mathfrak{D}\,\pi;$$

$$\text{also } d^{\text{cent.}} = \sqrt{\frac{\mathfrak{D}\,Z}{0{,}77\ (0{,}60 \cdot 8{,}5)\ 0{,}64}}$$

$$\text{oder } \quad d = \sqrt{\frac{1{,}3 \cdot 3890{,}67}{2{,}5133}} = 44{,}86 \text{ cent.}$$

Beispiel der Anordnung des Betriebes
bei flachen Bahnen in Verbindung mit steilen Strecken.

Für die Gotthardbahn (Project Hellwag) (kleinster Radius 300 Meter) ist festgesetzt, dass der Local-Güter- wie Local-Personenverkehr, nach Bedarf, auf allen Linien durch gemischte Züge besorgt wird. Ferner dass die Steigungen und Krümmungen der Bahnlinien unter Berücksichtigung der präsumtiven Adhäsionscoefficienten (welche je nach den klimatischen Verhältnissen wechseln) so gewählt werden, dass die Güterzüge, welche auf den Anschlussbahnen von 1/100 bis zum Ausgangspunkte der steilen Strecken (Rampen mit 1/40), mit einer Locomotive von entsprechendem Adhäsionsgewichte (Thal-Locomotiven mit 3 gekuppelten Achsen, 38 Tons schwer) bei mittlerer Zugsgeschwindigkeit bewegt werden, bei der Fortsetzung auf den Rampen durch die Zugkraft zweier Locomotiven des grössten Adhäsionsgewichtes (Berglocomotive mit 4 gekuppelten Achsen, jede 52 Tons) bei entsprechend ermässigter Geschwindigkeit befördert werden können. Entsprechend soll die Bewegung ein und desselben Personenzuges, welcher auf den Anschlussbahnen, bei Anwendung der den heutigen Ansprüchen grosser Verkehrslinien angemessenen Geschwindigkeit, eine leicht construirte Eilzugs-Locomotive erforderlich macht, auf den Rampen, bei entsprechender Verminderung der Geschwindigkeit, durch die für die Beförderung der Güterzüge auf den ersteren dienenden Locomotiven, in günstiger Weise erfolgen können. Die Beförderung der Züge durch den grossen Tunnel soll, falls dafür nicht eine ganz besondere Zugkraft in Anwendung kommt, durch eine Locomotive bewältigt werden.

Aus diesen Grundsätzen ergiebt sich folgende Tabelle für die Zuglasten und Adhäsionsgewichte der Locomotiven auf den verschiedenen Strecken der Gotthard-Bahn, worauf die weiteren Anordnungen vornehmlich basiren.

Maximal-Steigung der Bahn in Tausendtheilen.	Durchschnittl. Adhäsions-Coefficient.	Anzahl der Locomotiven.	Adhäsionsgewicht einer Locomotive ohne Tender in Tonnen.	Brutto-Zuglast, ohne Locomotiven u. Tender. Tonnen.	Maximalgeschwindigkeit. Kilometer pro Stunde.
1) Für die Güter-Züge.					
10 °/₀₀ Anschlussbahnen .	1/6	1	38	350	17
25 °/₀₀ Rampen	1/7	2	52	350	12
5,81 °/₀₀ grosser Tunnel . ,	1/10	1	52	350	15

2) Für die Personen-Züge.

10 ‰ Anschlussbahnen .	$\frac{1}{6}$	1	25	100	45
25 ‰ Rampen	$\frac{1}{7}$	1	38	100	22
5,83 ‰ grosser Tunnel . .	$\frac{1}{10}$	1	38	100	30

Beispiel 2 über Geschwindigkeiten. Bei den hannoverschen Bahnen kommen folgende Zahlen betreffs der Geschwindigkeit der Züge vor, woraus der Aufenthalt auf den Stationen zu beurtheilen. Die fahrplanmässige Geschwindigkeit der Züge hat durchschnittlich betragen:

	Pro Stunde Kilometer		pro Zugkilometer Minuten		Der Aufenthalt auf den Stationen beträgt pro Zug-Kilometer Minuten.	Aufenthalt in Procenten der Fahrzeit pro Kilom.
	incl. Aufenthalt	excl. Aufenthalt	incl. Aufenthalt	excl. Aufenthalt		
a. bei den Expresszügen . .	51,0	61,1	1,18	0,98	0,20	20,40 Proc.
b. bei den Courirzügen . .	50,2	56,2	1,20	1,07	0,13	12,15 „
c. bei den Schnellzügen . .	46,3	51,3	1,30	1,17	0,13	11,11 „
d. bei den Personenzügen. .	31,3	41,3	1,89	1,46	0,42	28,76 „
e. bei den gemischten Zügen	17,6	26,1	3,42	2,30	1,12	48,69 „
f. bei den Güterzügen . .	14,5	24,5	3,87	2,41	1,46 (Exclusive Stilllager.)	60,58 „

Dabei betrug die durchschnittliche Stärke der Züge an Achsen:

	1874	1873
a. bei den Express-, Courir- und Schnellzügen	18,89	19,13
b. bei den Personen-Zügen . .	22,19	23,97
c. bei den gemischten und . . Güterzügen	65,18	78,17

5. Principal-Verhältnisse
der
Tender-Locomotiven der Locomotiven-Fabrik Krauss & Co. in München 1876.

	Maassen in Millimetern.									
Leistung in Pferdekräften (effectiv) .	**7**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**80**	**120**	**150**	**250**
Cylinder-Durchmesser	100	140	160	180	200	225	260	280	300	320
Kolbenhub	160	300	300	300	300	400	400	500	500	540
Raddurchmesser	390	580	580	580	650	800	800	910	970	970
Dampfdruck (Atmosphären) . . .	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Heizfläche (wasserberührte) (□ Meter)	**5,92**	**10,09**	**15,22**	**18,05**	**23,48**	**28,93**	**35,00**	**48,25**	**54,00**	**85,8**
Rostfläche (□ Meter)	0,11	0,218	0,25	0,35	0,35	0,43	0,525	0,53	0,85	1,00
Achsenstand	900	1100	1100	1100	1700	1700	1700	2000	2000	2450
Raum für Speisewasser bei grösster Spurweite (Cubikdecimeter) . . .	390	800	1180	1180	1890	2300	2300	2300	3400	4000
Raum für Kohlen (Cubikdecimeter) .	165	245	300	330	550	550	800	1190	1300	1500
Spurweite	900	1100	1100	1100	1435	1435	1435	1435	1435	1435
Gewicht der Maschine im Dienst (Kilogramm)	3350	5700	7200	8000	11800	13700	15000	20000	22000	26000
Effective Zugkraft (Kilogr.)	**245**	**610**	**790**	**900**	**1200**	**1520**	**2030**	**2570**	**2780**	**3420**
Beförderte Brutto-Last in Tonnen*) à 1000 Kilogramm auf einer Steigung von $\frac{1}{20} = 50\,‰$	1	5	6	8	10	13	21	25	27	34
$\frac{1}{40} = 25\,‰$	4,5	11	18	23	29	35	51	63	68	85
$\frac{1}{60} = 16{,}5\,‰$	7,8	22	29	33	45	55	77	96	104	129
$\frac{1}{80} = 12{,}5\,‰$	10,5	28	37	43	60	70	98	123	133	164
$\frac{1}{100} = 10\,‰$	12	34	44	50	72	85	117	147	158	196
$\frac{1}{200} = 5\,‰$	20	53	69	80	111	130	183	231	249	308
$\frac{1}{500} = 2\,‰$	30	79	102	115	168	183	268	337	365	450
$\frac{1}{\infty} = 0\,‰$	43	112	145	168	242	282	380	480	520	640
Dieser Leistung entsprechende Geschwindigkeit in Kilom. pro Stunde	12	12	12	12	12	12	12	15	15	20
Kleinster Curvenradius in Metern . .	5	20	20	20	30	40	40	50	60	100
Grösste Höhe	2300	2760	2760	2850	3100	3170	3500	3550	3870	4150
Grösste Länge	3300	4100	4100	4290	5300	5800	6100	7100	7020	7510
Grösste Breite bei grösster Spurweite	1300	1000	1900	1950	2200	2300	2100	2500	2800	2900

*) Hierbei ist von dem Constructeur, zur Sicherheit, der Widerstand pro Tonne auf der Horizontalen zu etwa 5,40 Kilogr. angenommen, was sehr reichlich ist.

Erläuterung zu der Tabelle über Locomotiven.

Die effective Zugkraft Z am Umfange der Treibräder oder am Zughaken findet sich, wenn d den Durchmesser des Cylinders, h den Hub, D den Durchmesser der Treibräder, Alles in Centimeter, und p die Dampfspannung im Kessel in Atmosphären (1 Kilogr. pro □ Cent. = 1 Atmosphäre) bedeuten, aus Vergleichung der Arbeiten bei einer Umdrehung,

$$Z\ D\ \pi = (2 \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot p \cdot 2\ h)\ 50\ \%,$$

wobei also der Dampfdruck in den Cylindern zu 50 % des Druckes im Kessel angenommen ist zu

$$Z = d^2 \cdot \frac{h}{D} \cdot \frac{p}{2}$$

z. B. für die 150pferdige Locomotive der Tabelle,

$$Z = 30^2 \cdot \frac{50}{97} \cdot \frac{12}{2} = 2783{,}4 \text{ Kilogr.}$$

Hierbei ist angenommen, dass die Maschine wenigstens das Sechsfache ihrer Zugkraft wiegt und dass dabei sämmtliche Achsen gekuppelt sind. (Der Adhäsions-Coefficient ist also zu $^1/_6$ angenommen.)

1. Die siebenpferdigen Maschinen passen für den Zugkraftsdienst auf grossen Etablissements (Herbeischaffung von Kohle und Erzen zu Puddel- und Hochöfen, Abfuhr von Schlacken auf die Halden etc.).

2. Die 20, 30, 40 und 50pferdigen für Bauunternehmungen, erstere zwei namentlich, wo das Material zu Thal und auf Gerüste zu führen ist, letztere, wo dies auch in Steigungen nothwendig und man stärkere Schienen zur Verfügung hat. Im Weiteren zu Kohlenbahnen, Ziegelfabriken, Waldbahnen, Steinbrüchen, Bergwerken, für unter- und überirdischen Betrieb.

3. Die 60pferdigen Maschinen sind vortheilhaft für den Betrieb secundärer Bahnen, namentlich für solche, welche auch Personen-Verkehr haben, da sie ohne Anstand (bei verringerter Zugkraft) mit einer Geschwindigkeit bis zu 5 Meilen (= 37,5 Kilom.) pro Stunde gehen. Für solche Bahnen jedoch, welche einen starken Güterverkehr mit grossen Steigungen haben, dürfen die nächstgrösseren 80, 150 und 200pferdigen Maschinen vorzuziehen sein. Namentlich dürften mit solchen Maschinen die normalspurigen an die Hauptbahnen anschliessenden Seitenlinien vortheilhafter als mit ausrangirten, alten Maschinen der Hauptbahnen betrieben werden.

4. Zum Rangirdienst auf kleineren Stationen, und namentlich in den Anschlussbahnhöfen von Kohlen- und Nebenbahnen sind die 50, 60, 80 und 120pferdigen Maschinen beliebt. Für Hauptstationen sind die 200—300pferdigen Tendermaschinen in allen Fällen zum Rangiren der grössten Züge ausreichend.

Die 7, 20 und 30pferdigen Locomotiven werden für Spurweiten von 500—1000mm, die grösseren sowohl für schmale wie normale Spur gebaut. Der kleinste Krümmungsradius hängt wesentlich von der Spurweite ab und kann bei schmalen Spuren kleiner genommen werden, als bei breiten.

In der Regel baut dies Etablissement diese Tendermaschinen vierrädrig, weil diese den grössten Nutzeffect ergeben und sonst noch wesentliche Vorzüge vor Maschinen mit grösserer Räderzahl besitzen; indessen giebt es doch Anlagen, wo letztere Maschinen vortheilhafter sind, z. B. namentlich da, wo ein schwacher Oberbau und eine stärkere Güterfrequenz vorhanden ist, die stärkere Maschinen beansprucht, wo aber wegen des schwächeren Oberbaues nur eine geringe Achsenbelastung der Locomotive zugelassen werden darf.

Wahl der Locomotive. Wenn eine Bahn-Anlage bereits vorhanden ist, so fragt es sich, in welcher Weise und mit welchen Locomotiven dieselbe betrieben werden soll.

Bei noch zu bauenden hat man die meiste Freiheit, um sub 4. die Stärke der Schienen zu wählen. Mit Bezug auf die zu wählenden Locomotiven hat man zunächst folgende Punkte in Erwägung zu ziehen:

1. Den täglichen Verkehr im Durchschnitt und im Maximum,
2. Die Zahl der Züge, welche diesen Verkehr vermitteln sollen,

(wobei die Spurweite und die kleinsten Krümmungsradien, die daraus hervorgehende Construction der Wagen, deren Eigengewicht und Tragfähigkeit und die zulässige Geschwindigkeit in Frage kommen).

3. Die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse der Bahn.
4. Die Stärke der vorhandenen Schienen.

Hat die betreffende Bahn Personenverkehr, so erfordert derselbe eine möglichst häufige Verbindung namentlich, wenn sie an eine Hauptbahn anschliesst; aber auch dann, wenn nur der Güterverkehr zu befriedigen ist, ist eine oftmalige Verbindung schon desshalb von Vortheil, weil man leichtere Maschinen und leichteren Oberbau anwenden kann und dadurch sowohl Anlage- wie Betriebs-Kosten auf ein Minimum reducirt. Am vortheilhaftesten betreibt man, wenn der tägliche Verkehr durch ein einziges Zugpersonal und also auch durch nur eine Maschine versehen werden kann [1]). Eine zweite Maschine wird man natürlich in allen Fällen (um den täglichen Verkehr zu sichern) in Reserve halten müssen. Ist die Linie lang und der Güterverkehr ein starker, wie es namentlich bei Kohlenbahnen der Fall sein kann, dann wird man allerdings mit Rücksicht auf einen leichten Oberbau mehr als eine Locomotive in den täglichen Dienst stellen müssen. Immerhin kann selbst ein zeitweise verstärkter Verkehr im ersteren Falle befriedigt werden, wenn man die Reserve-Maschine dienstfähig erhält.

Wasser- und Kohlen-Verbrauch. Der Verbrauch an Speisewasser und Brennmaterial richtet sich nach der Grösse der Maschine und deren Leistungen.

Man darf bei einer guten Maschine durchschnittlich annehmen, dass sie pro Stunde und Pferdekraft 1,8 Kilogr. gute Steinkohlen [2]) und 15 Liter (oder Kilogr.) Wasser verbraucht.

Eine 20pferdige Maschine wird also bei voller Leistung pro Zeitstunde 36 Kilogr. Kohlen und 300 Liter (oder Kilogr.) Wasser zu ihrem Betriebe nöthig haben. Der Vorrath, den die Locomotiven an Speisewasser aufzunehmen vermögen, reicht aber mindestens für 2 Stunden Betriebszeit oder 20 Kilometer zurückgelegten Weg, der Vorrath an Kohlen aber für mehrere Stunden aus.

Faktoren zur Bestimmung der Grössenverhältnisse der Locomotive.

1. Länge der Bahn, Curvenverhältnisse, grösste Steigungen und Längenprofil der Bahn.
2. Die Spurweite des Gleises (Entfernung im Lichten zwischen den Schienen).
3. Entfernung, resp. Lage der Wasserstationen.
4. Das Schienenprofil oder das Gewicht der Schiene pro Längeneinheit.
5. Das zu verwendende Brennmaterial.
6. Die Höhe des Zughakens und der Stossbalken oder der Buffer, von der Schienenoberkante gemessen, so wie die gegenseitige Entfernung letzterer, wenn deren zwei vorhanden sind, an den zum Betriebe zu verwendenden Wagen, das Eigengewicht und die Tragkraft letzterer.
7. Die zulässige Breite und Höhe der Locomotiven resp. das Durchfahrtsprofil der Bahn.

---

[1]) Vergl. Rostocken-Marksdorff-Eisenbahn, unter E.

[2]) 1 Kilogr. aufgeschüttete Kohle nimmt einen Liter Raum ein, das spez. Gewicht ist also = Eins.

8. Die pro Tag zu befördernde Last und die Angabe, ob die Nutzlast zu Berg oder zu Thal zu befördern ist, oder auch wie viel von der gesammten Nutzlast zu Berg und wie viel zu Thal geht.

9. Die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der die Züge zu befördern sind.

Schienenprofile. Die Stahlschienen, welche Krauss & Comp. beispielsweise anführen, haben für Locomotiven verschiedener Pferdekräfte folgende Dimensionen, welche für 4-rädrige Maschinen zulässig sind, und für 6-rädrige daher um so eher reichen.

Pferdekräfte der Locomotiven.

	7pferdig.	20—40 pf.	50—80 pf.	100—200pf.
Gewicht pro laufenden Meter in Kilogramm	5,60	6,77	12,00	17,50
Höhe in Millimetern	46	65	82	91
Kopfbreite in Millimetern . . .	18	24	32	40
Fussbreite in Millimetern . . .	42	50	63	72
Stegstärke in Millimetern . . .	6	6	9	10
Grösster Raddruck bei 2-achsigen Locomotiven (Kilogramm) . .	825	1425—2000	2950—3750	5000—6000

Zugkraftskosten. Zur Ermittelung der Betriebskosten mit Tenderlocomotiven, namentlich zur Vergleichung dieses Betriebes mit Pferdebetrieb, geben Krauss & Comp. folgende Vergleichung des Betriebes mit einer 20pferdigen Maschine. Hierbei ist angenommen, dass die Maschine so viel zieht, wie 5 Pferde, aber in derselben Zeit 4mal so viel leistet, weil sie 4mal schneller geht.

Brennmaterial pro Tag	Mark	Unterhalt für 10 Pferde	Mark.
7 Centner Kohle à 0,60 Mark	4,20	à 720 Mark jährlich.	7200
Schmier-Material 2½ Pfd. à 0.50 Mark	1,25	Bedienung desgl.	2400
Reparaturkosten	1,55	Verzinsung	400
Bedienung	9,00	Amortisation zu	
Verzinsung und Amortisation zu 10%		20 %	1200
gerechnet bei 300 Arbeitstagen	4,00	Jährliche Kosten.	11200
dito für eine Maschine in Reserve.	4,00	Auf 300 Arbeitstage vertheilt	
Tägliche Kosten Mark 24.		pro Arbeitstag	37,33

Trotzdem ungünstig für die Locomotive gerechnet ist, stellt sich eine Ersparniss von etwa 36 % für diese heraus. Grössere Ersparnisse hängen wesentlich von den Kosten des Brennmateriales und der Ausnutzung der Maschine ab. Die Ersparniss ist bei grösseren Maschinen grösser, weil die Kosten für die Bedienung gleich bleiben, die der Reparaturen, der Verzinsung und Amortisation aber relativ geringer werden. Bei Pferdebetrieb wachsen aber diese Kosten direct mit der Anzahl Pferde.

(Genau genommen kommen die Kosten der Maschinenstände, Feuergruben und Wasserstationen etc. gegen die Kosten der Stallungen für Pferde noch mit in Frage. Diese Kosten werden aber bei wachsendem Betriebe für den Locomotivbetrieb relativ günstiger.)

b. Die Fahrzeuge und die Bahn.

6. Zusammenhang zwischen Spurweite, Spurerweiterung und festem Radstand.

Bezeichnen r den Raddurchmesser bis Aussenkante-Flansch, und t den Vorsprung des Flansches, b den festen Radstand eines 6-rädrigen Wagens, so ist die Länge der Sehne, in welcher die Flanschen die Schienen berühren

Tafel I, Fig. 6 $s = b + 2\sqrt{2rt}$

und $s_1 = b - 2\sqrt{2rt}$

Die erforderliche Spurerweiterung, abgesehen von dem Spielraum der Flanschen zwischen den Schienen (§ 160. Vereinb.), welcher als auch in der Curve erforderlich angesehen wird, ist, wenn man genau genug die Differenz des innern und äusseren Halbmessers vernachlässigt und den mittleren R der Curve einführt, nach der Figur und Kreisgleichung, wenn die Mittelachse nicht verschiebbar

$$e = \frac{s^2}{8R}$$

und wenn die Mittelachse um ε verschiebbar

$$\text{I)} \qquad e = \frac{s^2}{8R} - \varepsilon$$

und hieraus

$$\text{II)} \qquad R = \frac{s^2}{8(e+\varepsilon)}$$

für $\varepsilon = 0$ erhält man den erforderlichen Radius für ein steifes 6-rädrigos Fahrzeug (Wagen oder Locomotive) mit

$$\text{III)} \qquad R = \frac{s^2}{8e};$$

und für

$$\varepsilon = \frac{s_1{}^2}{8R}$$

den Radius für ein vierrädriges Fahrzeug aus II unter Einsetzung der Werthe für s und s_1 mit

$$\text{IV)} \qquad R = \frac{b\sqrt{2rt}}{e}$$

Beispiel 1.) Für einen Vierräder, wo $r = 0^m,5$ und $t = 0^m,025$ (während § 159 Vereinbarungen bis $0^m,035$ gestattet sind) ist nach IV

$$R = \frac{0{,}158 \cdot b}{e}$$

und für $b = 7^m$ und $e = 0^m,03$ (als des nach Vereinb. § 63 zulässigen Maximums der Spurerweiterung) wird $R = 36^m,86$ und für $t = 0^m,035$ wird $R = 40^m,30$. Hiernach geht ein Vierräder-Wagen durch die kleinsten vorkommenden Curven, so dass namentlich wegen der 6-rädrigen Wagen und noch mehr wegen der gekuppelten Locomotiven mit mehr als 2 steifen Achsen, eine Spurerweiterung erwünscht ist.

Beispiel 2. Für einen 6-rädrigen steifen Wagen, wo r $= 0^m,5$ und t wie oben, $\varepsilon = 0$, endlich b $= 7^m$ ist, wird nach III

$$R = \frac{(7 + 0{,}3162)^2}{0{,}24} = 223^m,028$$

und bei einer, durch einen Spielraum in den Achshaltern von der Mittelstellung aus nach jeder Seite möglichen Verschiebung der Mittelachse von $\varepsilon = 16$ mill., (so dass also der Gesammtspielraum der Achsbüchse in den Haltern 32 mill. ist), und b $= 6^m,592$ (wie bei der oberschlesischen Eisenbahn), also s $= 6{,}908$ wird nach II

$$R = \frac{(6{,}908)^2}{8\,(0{,}016 + 0{,}03)} = 129^m,68$$

Note. Es kommen auch 6-rädrige Wagen vor, bei welchen die seitliche Führung der Lagerkasten in den Achshaltern bei der Mittelachse fehlt, diese also beliebig weit verschiebbar ist.

Beispiel 3. Für eine 3-gekuppelte Locomotive (Krauss) von $3^m,2$ festem Radstand = b und r $= 0^m,6$, endlich t wie oben, findet sich

$$s = b + 0{,}3464 = 3{,}5464;$$

und für $\varepsilon = 0$, bei der grösstzulässigen Erweiterung e $= 0{,}03$ ist nach III.

$$R = \frac{12{,}577}{0{,}24} = 52^m,40$$

und für b $= 6^m$ ist R $= 167^m,80$.

Günstigster Radstand.

Der Radstand kann auch so gewählt werden, dass der Winkel, den die Vorderräder — welche in der Curve der äusseren Schiene zustreben, während bei den Hinterrädern das Umgekehrte der Fall ist — mit den Schienen bilden, möglichst klein ist, weil dann die Abnutzung am geringsten wird. Ist der grösste zulässige Spielraum wegen Abnutzung des Flansches (Vereinb. § 160) $\delta = 0^m,025$ und e die Spurerweiterung, so ist genau genug Taf. I Fig. 7.

$$\text{tang } \alpha = \frac{b}{2R} + \frac{(\delta + e)}{b}$$

$$\text{oder tang } \alpha = \frac{b}{2R} + \left(0{,}025 + \frac{(b + 2\sqrt{rt})^2}{8R}\right) \cdot \frac{1}{b}$$

und nach einiger Reduction annähernd

$$\text{tang } \alpha = \frac{b}{2R} + \frac{0{,}025}{b} + \frac{b}{8R}$$

also um den Werth von b für das Minimum zu finden

$$\frac{d \text{ tang } \alpha}{db} = \frac{10}{16R} - \frac{0{,}025}{b^2} = 0 \text{ und}$$

hieraus V) $\qquad b = 0{,}2\sqrt{R}$

Setzt man in den Werth für tang α die Abnutzung $\delta = 0{,}020$ und $e = 0{,}020$, so ist

$$\frac{(\delta + e)}{b} = \frac{0{,}040}{b}, \text{ also}$$

$$\text{tang } \alpha = \frac{b}{2R} + \frac{0{,}040}{b} \quad \text{und}$$

den ersten Differentialquotienten = 0 gesetzt, erhält man

$$\text{VI)} \qquad b = 0{,}283 \sqrt{R}$$

In Housing. Spec. E. T. V. 1877. pag. 2 findet sich zur Bestimmung des grösstzulässigen festen Radstandes die Formel

$$b = 0{,}2\ a \sqrt{R}$$

worin a die Spurweite bezeichnet und womit VI gut stimmt. *(Vergl. auch Hallbauer, Civil-Ing. 1876, pag. 17, oder Housing. Organ 1876, pag. 115.)*

Radstände, welche anempfohlen werden.

In den Vereinbarungen (§ 103 und 135) ist für (breitspurige) Bahnen, bei denen in freier Strecke vielfach Curven vorkommen, das in folgender Tabelle Enthaltene für den festen Radstand vorgeschrieben, wonach die Locomotiven 1^m Radstand weniger als die Wagen haben. Die 4. Columne giebt den Radstand nach Formel VI. Bei Wagen mit mehr als 2 Achsen ohne Drehgestell soll (§ 135), wenn der Radstand über 4^m beträgt, für die Mittelachsen eine entsprechende Verschiebbarkeit angeordnet werden. Für den Radstand der Güterwagen ist ein kleineres Maass als $2^m{,}50$ zu vermeiden (also das $1^3/_4$ fache der Spurweite) und das Maass von $4^m{,}0$ als Maximum anzusehen.

Tabelle

des grösstzulässigen Radstandes für Bahnen von von $1^m{,}435$ Spur.

Radius. Meter.	Fester Radstand der Locomotiven. Meter.	Fester Radstand der Wagen. Meter.	$b = 0{,}283 \sqrt{R}$ Meter.
250	3,50	4,50	4,47
300	3,90	5,00	4,90
350	4,30	—	5,29
400	4,70	5,60	5,66
450	5,00	—	5,90
500	5,30	6,20	6,33
550	5,60	—	6,64
600	5,80	6,80	6,93
über 600	6,00	7,00	—

Beispiel von Curven-Halbmessern auf Bahnhöfen. Von Interesse sind noch die folgenden Vorschriften, welche (1856) für die hannoverschen Bahnen bestanden, betreffs Halbmesser der Curven auf Bahnhöfen. Der feste Radstand der 6-rädrigen Personenwagen war 6^m bis 4^m und der 6-rädrigen Gepäckwagen 6^m bis 5^m, der 6-rädrigen Güterwagen $4^m{,}877$, endlich der 4-rädrigen Wagen von $4^m{,}637$ bis $3^m{,}657$.

„Die Curven der Ausweichungen, durch welche ganze Züge gehen, sollen in der Regel nach einem Radius von 1000 Fuss (292m), niemals aber mit Radien unter 600 Fuss (174m) construirt werden. Ausweichungen, durch welche nur einzelne Maschinen passiren, sind in der Regel nach Radien von 800 Fuss (234m), niemals aber unter 500 Fuss (146m) auszuführen. Ausweichungen endlich, durch welche einzelne Wagen geschoben werden, sollen, wo örtliche Hindernisse nicht vorliegen, mit Radien von 600 Fuss (174m), niemals aber mit solchen unter 400 Fuss (117m) projectirt und ausgeführt werden."

Bei dieser Bahn gehörten zu Weichen-Curven von 1000, 800, 600 und 500 Fuss, Herzstücke mit den Neigungen von resp. $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$ und $\frac{1}{8}$; die Anwendung eines einheitlichen Herzstückes war damals noch nicht üblich.

Engspurige Bahnen. Für diese Bahnen von 1m Spur (kleinster Radius 80m) und von 0m,75 (kleinster Radius 50m) geben die „Grundzüge" von 1871 folgende Maassen an, mit der Bemerkung, dass bei 0m,75 Spur ein Radstand von 2m,5 als ein Maximum zu betrachten sei.

Tabelle
des grösstzulässigen Radstandes für einspurige Bahnen (1871).

Radius. Meter.	Fester Radstand in Metern bei 1m,00 Spur.	0m,75 Spur.
60	—	1,60
80	2,00	2,00
100	2,40	2,00
150	3,20	—
200	3,60	—

Einige nehmen an, dass auch für secundäre Bahnen der Radstand für den ruhigen Gang der Wagen nicht weniger als die $1^1/_2$ fache Spurweite betragen solle.

Dimensionen von Locomotiven und Wagen.

Wagen auf breitspurigen Bahnen. Sonne (Housing. Spec. I. 1877, pag. 28 etc.) findet nach Goschler (Traité de l'exploitation etc. Band III) bei breitspurigen Bahnen die durchschnittliche Länge des Wagenkastens bei vierrädrigen Personen-Wagen zu 1,83 mal Radstand = 1,83 b und die Länge des Untergestells bei vierrädrigen Güter-Wagen = 1,785 b. Der Raum zwischen je zwei Wagenkasten ist bei neueren Personen-Wagen 1m,10 bis 2m,60, je nachdem Seitenthüren oder Mittelgang mit Thüren vor Kopf. Bei den Güterwagen 1m,15 bis 1m,25. Hiernach rechnet derselbe für die Länge L vierrädriger Wagen vom Radstande b wie folgt:

Personenwagen mit Seitenthüren L = 1,76 b + 1m,40
desgl. mit Mittelgang . = 1,76 b + 2m,60
Güterwagen . . . . . = 1,76 b + 1m,20

Locomotiven und Tender auf breitspurigen Bahnen. Nach Sonne a. a. O. ist der Mittelwerth des Radstandes sechsrädriger Locomotiven $3^m,92$. Der grösste unter den für das Mittel gedient habenden Werthen war $5^m,03$. Der Abstand von Mitte Vorderachse bis Bufferende durchschnittlich $2^m,38$, und von Mitte Hinterachse bis zur äussersten Kante der Platte des Führerstandes durchschnittlich $1^m,88$; hieraus die mittlere Länge sechsrädriger Locomotiven $8^m,18$; Der Radstand der Tender $2^m,7$ bis $3^m,4$ also kleiner als der der Eisenbahnwagen; der Abstand von Vorderachse Locomotive bis Hinterachse Tender ist durchschnittlich $10^m,1$. Die Gesammtlänge der Locomotive mit Tender ist durchschnittlich $14^m,13$. (Vergl. das rollende Material der rheinischen Bahn. Taf. 2.)

Wagen auf secundären Bahnen. Zahlreiche Beispiele von Wagen und Locomotiven für secundäre Bahnen finden sich in *Heusing. Spec. Eisenb.-Technik V.*, ferner ist zu vergleichen: *Narrow gauge railways by C. E. Spooner London 1871.* Heusinger giebt für Güterwagen, deren Wagenkasten von normalspurigen und schmalspurigen Bahnen übergeladen werden können, folgende Dimensionen an, wobei die der 1^m Spurbahn aus 2 Theilen, die der $0^m,7$ Spur aus 4 Theilen bestehen, um den Normalspur-Wagen mit 10 Tons = 200 Ctr. beladen zu können.

Spurweite	Meter	1,435	1,00	0,75	0,60
Länge des Wagenkastens.	„	5,25	3,00	2,50	1,50—2,50
Breite	„	3,00	2,50	1,45	0,90
Höhe	„	1,00	1,00	1,00	1,00
Ladungsfähigkeit . . .	Centner	200	100	50	20—30

Das Eigengewicht der Wagen kann man vorläufig zu $^1/_2$ bis $^3/_8$ der angenommenen Ladungsfähigkeit schätzen.

Vergl. über Bestimmung der Wagendimension bei einem vorliegenden Fall das Beispiel über Rostoken-Marksdorf pag. 139. — Wagen der rheinischen Bahn in Ueb. 41 und Taf. 3.

Dimensionen einiger Personenwagen von secundären Bahnen.

Bezeichnung der Wagen.	Des Wagenkastens äussere Länge. Meter.	Breite. Meter.	Höhe über Wagensohle. Meter.	Höhe der Wagensohle über Schienen-Oberkante. Meter.	Fester Radstand. Meter.	Eigengewicht des Wagens im Ganzen. Kilogr.	pro lfden Meter Kastenlänge. Kilogr.	Anzahl Passagierplätze I. Cl.	II. und III. Cl.	im Ganzen.	Passagiere pro lfden. Meter Wagenkasten.	Eigengewicht des Wagens pro Platz. Centn.	Kosten des Wagens. Mark.	Kosten pro Platz. Mark.	Ganze Länge zwischen den Buffern. Meter.
Norwegische Bahnen 3' 6" engl. = 1m,067 Spur (Raddurchmesser 0m,76; Bufferhöhe 0m,7).															
Personenwagen I. u. II. Cl. . .	7,16	2,08	1m,8	1,00	3,51	5200	726	16	16	32	4,47	3,25	6220	134	8,62
Personenwagen I. u. II. Cl. . .	6,10	2,08	1m,8	1,00	3,05	4600	754	16	16	32	5,25	2,90	4600	144	6,96
Personenwagen II. Cl.	6,10	2,08	1m,8	1,00	3,05	3900	640	—	28 32	28 32	5,25	2,90 2,44	2620	94 82	6,96
Broelthalbahn 0m,785 Spur (Raddurchmesser 0m,64; Bufferhöhe 0m,7).															
Personenwagen II. Cl.	3,25	1,78	1,78	0,76	1,88	2100	738,5	—	16	16	4,92	3,09	—	—	4,90
Winkeln-Herisau-Appenzell 1m Spur (Bufferhöhe 0m,7).															
Langer Personenwagen [1]) II. und III. Cl.	11,40	2,40	2,22	0,88	1,23	8300	728	—	21 IIte 24 IIIte	45	3,95	3,69	5120	114	13,43
Kurzer Personenwagen [2]) II. und III. Cl.	5,34	2,40	2,22	0,88	2,50	4050	740	—	21 IIte u. IIIte	21	3,93	3,81	3360	160	6,94

[1]) 8rädriges Amerikaner-Modell mit Wendeschemeln, Reibnägel 7m,68 von Mitte zu Mitte, 1m,23 fester Radstand der Räder des Wendeschemels, Raddurchmesser 0m,6.

[2]) Raddurchmesser 0m,7.

Dimensionen einiger Güterwagen von secundären Bahnen. [1])

Bezeichnung der Wagen.	Des Wagenkastens: äussere Länge. Meter.	äussere Breite Meter.	Höhe über Wagensohle. Meter.	Höhe der Wagensohle über Schienen-Oberkante Meter.	Fester Radstand. Meter.	Eigengewicht: im Ganzen. Kilogr.	pro lfden. Meter des Wagenkastens. Kilogr.	Ladungsfähigkeit: im Ganzen. Kilogr.	Nutzladung durch Eigengewicht.	Kosten: Total. Mark.	pro Centner Eigengewicht. Mark.	pro Centner Ladung. Mark.	Ganze Länge von Buffer zu Buffer. Meter.
Norwegische Bahnen 3'6" engl. = 1m,067 Spurweite (Raddurchmesser 0m,76, Bufferhöhe 0m,7).													
Bedeckter Güterwagen . .	5,49	2,00	1,46	1,00	3,05	3700	680	5—6000	1,62—1,35	1780	21	16,2	6,35
Hochbordwagen	5,49	2,00	1,22	1,00	3,05	3600	661	5—6000	1,39—1,67	1360	19	12,4	6,35
Wagen mit niedrigen Bords	5,49	2,00	0,76	1,00	3,05	3500	636	5—6000	1,43—1,71	1300	18,5	11,8	6,35
Holzwagen für Langholz [2])	5,49	1,97	—	1,00	3,05	3100	564	5—7000	1,61—2,26	1240	20	10,4	6,35
Platformwagen	7,17	2,05	—	1,00	3,97	3300	460	5—7000	1,51—2,12	1240	18,8	10,4	8,03
Russische Livny-Bahn 1m,08 Spur (Raddurchmesser 0m,74; Bufferhöhe 0m,7).													
Platform-Güterwagen . . .	4,10	2,00	—	0,855	2,48	1687	411	6225	3,75	960	28,5	7,71	4,70
Winkeln-Herisau-Appenzell 1m,00 Spurweite (Raddurchmesser 0m,72, Bufferhöhe 0m,7).													
Gepäckwagen	5,34	2,52	2,10	0,88	2,50	3900	730	6000	1,54	2320	37,18	19,3	6,66
Bedeckter Güterwagen (auch für Vieh)	5,34	2,40	2,10	0,88	2,50	3824	716	6250	1,63	2000	32,90	16,0	6,60
Offener Hochbordswagen .	5,34	2,40	1,50	0,88	2,50	3075	576	7000	2,27	1680	34,40	12,0	6,60
Offener Niederbordswagen	5,34	2,50	0,30	0,88	2,50	2530	474	7000	2,76	1600	40,00	11,4	6,60
Broelthal-Bahn 0m,785 Spurweite (Raddurchmesser 0m,78; Bufferhöhe 0m,7).													
Bedeckter Güterwagen . .	3,56	1,8	0,90	0,66	1,6	2600	747	5000	1,93	—	—	—	4,24
Offener Güterwagen	3,48	1,8	0,86	0,66	1,6	2500	718	5000	2,00	—	—	—	3,88
Flache Transportwagen (für Tannenlords und alle Arten Güter	4,60	1,8	0,78	0,86	1,9	2000	435	5000	2,50	—	—	—	5,00
Erz-Wagen [3])	2,84	1,75	1,10 0,60 1,10	0,6 1,3 0,8	1,4	2500	893	5000	2,00	—	—	—	3,20

[1]) Die Norwegischen Wagen aus „Typer af constructioner ved de norske smalsporede jernbaner, 1872; das Uebrige aus Heusinger Spec. E. T. V. Secundäre Bahnen zusammengestellt. — Ueber Wagen verschiedener Spur betreffs Stabilität, Leistungsfähigkeit etc. vergleiche auch: Narrow gauge railways by C. E. Spooner. London. 1871 und M. M. v. Weber, Die Praxis des Baues und Betriebes der Secundärbahnen mit normaler und schmaler Spur. Wien 1873.

[2]) Zwei werden bei langen Hölzern gekuppelt unter Benutzung von Wendeschemeln.

[3]) Mit dachförmigem Boden, von der Mitte nach beiden Seiten mit etwa 40° gegen die Horizontale abfallend.

Bemerkungen zu den Tabellen über die Wagen engspuriger Bahnen.

Die Wagen haben sämmtlich Central-Buffer.

Norwegische Bahnen. Durchschnittliche Länge pro Achse eines Zuges 3m,36. Dreiachsige Tender-Locomotive mit Wendeschemel für die vorderen, und 2 gekuppelte Achsen von festem Radstand 1m,53; vordere Achse bis Mittelachse 1m,98; Belastung jeder Treibachse (dienstfähig) 4 Tons, der Vorderachse 2,6 Tons, Totalgewicht 10,6 Tons, (leer 8,9 Tons), ganze Länge zwischen den Buffern 6m,15; kostet 21000 Mark. — Ein anderes Modell derselben Construction hat resp. 1m,91 festen Radstand, 2m,11 vordere Achse bis Mittelachse, 2 Treibachsen, jede (dienstfähig) mit 6,4 Tons, Vorderachse mit 4,1 Tons belastet, ganzes Gewicht rund 17 Tons (leer 14,8 Tons), ganze Länge zwischen den Buffern 7m,00; kostet 26000 Mark. Totale Heizfläche bei beiden 25 resp. 39 □ Meter, Treibraddurchmesser 1m,144.

Schwellen 2m lang, halbrund, aus Stämmen, die oben wenigstens 0m,23 Durchmesser haben; Entfernung von Mitte zu Mitte 0m,81 in der Mitte, sonst 0m,76, an den Enden 0m,61 und 0m,132 an dem schwebenden Stosse. — Schienen 6m,4 lang, pro Meter 20 Kil. schwer; Kopfbreite 47,60, Steg 10,27, Fussbreite 81,67, Höhe 90,16 Millimeter.

Stärkste Steigung 1/40, kleinster Curven-Radius 183 Meter. Das Normalprofil hat 3m,36 im Quadrat, unten springt die 0m,76 hohe Güterplattform bis 1m,22 von der Gleisachse vor, der 0m,610 hohe Personen-Perron 1m,30.

Der betreffende Oberingenieur rechnet bei Vergleichungen, für 1m,435-spurige Bahnen 0m,915 Raddurchmesser, bei 1m,067 und 0m,76 Spurweite resp. 0m,76 und 0m,61 Raddurchmesser.

Broelthalbahn. Tenderlocomotive mit 3 gekuppelten Achsen, die leichteren 12,6 Tons, die schwereren 15 Tons dienstfähig Gewicht.

Schienen: die leichteren 11 Kil. pro laufenden Meter, die jetzt nur noch zur Verwendung gelangenden schwereren 18,8 Kilogr. Bei den ersteren liegen die Schwellen 0m,5, bei den letzteren 0m,75 von Mitte zu Mitte. Die schweren Schienen haben 39 Mill. Kopfbreite, 10 Stegstärke, 72 Fussbreite, und 93 Höhe. Lasche 1,6 Kil. schwer. Stärkste Steigung 1 : 80. Schärfste Curve 34 Meter.

Die Bahn liegt neben einer Chaussee. Querprofil in Heus. Spec. E. T. V.

Winkeln-Herisau-Appenzell. Tender-Locomotive mit 3 gekuppelten Achsen 15,9 Tons; im Dienste 19,5 Tons schwer; fester Radstand 2m,15; totale Heizfläche 520,5 □ Meter, Treibrad-Durchmesser 0m,9, Dampfdruck 10 Atmosphären, ganze Länge zwischen den Buffern 7m,00; kostet 30400 Mark.

Schienen 23,8 Kil. pro laufenden Meter, 100 Mill. hoch, 50 Kopfbreite, 12 Stegstärke, 90 Fussbreite.

Stärkste Steigung 35 pro Mille, schärfste Curve 90m Halbmesser.

Geschwindigkeit mit 40 Tons Zuggewicht auf Steigungen von 25—30 pro Mille 20 Kilom. pro Stunde; auf 35 pro Meter: 16 Kilometer.

7. Spurerweiterung und Ueberhöhung der äusseren Schiene.

Spurerweiterung und Ueberhöhung der äusseren Schiene in Curven. Die bestehenden Spurerweiterungen zeigen auf verschiedenen Bahnen erhebliche Abweichungen, sowohl in der Grösse als in dem Zuwachs bei kleiner werdenden Radien. Im Folgenden einige Beispiele zum Anhalt.

Normalspurig. Beispiel. Die rheinische Bahn berechnet die Ueberhöhung h unter Zugrundelegung einer Geschwindigkeit von 62 Kilom. pro Stunde oder 17,2 Meter pro Secunde nach der Formel

$$h^m = \frac{a\,v^2}{g\,R}$$

in welcher a die Entfernung der Schienen von Mitte zu Mitte, g die Erdacceleration = $9^m,81$ und R der Curven-Radius in Metern,

zu $\frac{45}{R}$ Meter oder $\frac{45000}{R}$ Millimeter, wo der Radius in Metern. Die Spurerweiterung ist empirisch festgestellt.

Rheinische Bahn.

Radius . . Meter	3000	2000	1500	900	800	700	600	500	450	400	300	175
Spurerweiterung Millim.	—	—	—	1	2	3	4	6	7	8	11	30
Ueberhöhung „	15	23	30	50	56	64	75	90	100	113	150	257

Das zulässige Maximum der Erweiterung ist Vereinb. § 63 zu 30 Millim. festgesetzt.

Die schweizerische Nordostbahn rechnet die Ueberhöhung = $\frac{30000}{R}$ mm.

Bahnen von 1 Meter Spur.

Beispiel. Die schweizerischen Localbahnen Heus. Spec. V. p. 23.

Radius . . Meter	600	500	400	350	300	250	200	150	100	80	90
Spurerweiterung Millim.	—	3	5	8	11	14	17	20	23	24	25
Ueberhöhung „	9	10	13	15	17	21	26	35	52	58	65

Die Ueberhöhung in Millimetern nach der Formel $\frac{5200}{R}$ berechnet.

Die grösste zulässige Spurerweiterung, Grundzüge §. 5 ist 25 Millimeter.

Bahnen von $0^m,75$ Spur.

Beispiel. Rostoken-Marksdorf von Klunzinger (Allgemeine Bauzeitung 1875).

Radius . . . Meter.	600	500	400	300	200	150	100	90	80	70	60	50
Spurerweiterung Millim.	2	3	4	5	7	10	14	15	16	17	18	20
Ueberhöhung	6	7,5	9,5	12,5	18,7	25	37,5	40	47	54	63	75

Die Geschwindigkeit ist im Maximum 15 Kilom. = 4,167 Meter pro Secunde, wesshalb die Ueberhöhung nach der Formel

$$h = \frac{a\,v^2}{g\,R} = \frac{0{,}79 \cdot 4{,}167^2}{9{,}81\,R} = \frac{1{,}398}{R} \text{ in Metern}$$

oder $\frac{1398}{R}$ Millimeter. Sie ist nach der Formel $\frac{3750}{R}$ berechnet, also fast 3 Mal grösser genommen. Die grösste zulässige Spurerweiterung ist nach Grundzüge § 5 = 20 Millimeter. *(Vergl. über Spurerweiterung und Ueberhöhung. Deutsch. Bauhandbuch, Eisenbahnbau, Oberbau pag. 236 etc., auch Winkler, der Oberbau 3. Aufl. 1875, pag. 35 und Heus. Spec. E.-T. II., Sonne: die Eisenbahn-Wagen in Beziehung zum Bahnbau, auch Heus. Spec. E. T. 1877 pag. 54.)*

E. Beispiel

des Ganges der Erwägungen und der Vorarbeiten für eine secundäre Bahn in gebirgigem Terrain.[1])

1. Allgemeines.

Die Terrainverhältnisse entscheiden über die Maximalsteigungen und die Minimalradien; hiernach kommen die Spurweite, das Oberbau-System und die Betriebsmittel in Frage.

Gewisse Punkte (Einsattelungen) sind durch das Terrain gegeben und andere Punkte (Stollenhöhen etc.) wegen der Gewinnung der Produkte. Die Berghänge mit ihren Vor- und Rücksprüngen ergeben die kleinsten Krümmungs-Halbmesser und wie lang die Geraden zwischen den Contrecurven sein können, vorausgesetzt, dass man Tunnel, hohe Steinsätze und Futtermauern möglichst vermeiden will. Der mit dem Aneroid bestimmte Höhenunterschied von Einsattelungen oder auch der Endpunkte giebt, nach der annähernd auf der Karte gemessenen Länge einer mit Berücksichtigung des Terrains hinein skizzirten Linie, wobei die Länge horizontaler Bahnhofsplätze abzuziehen ist, vorläufig das durchschnittliche Gefälle.

Sind nach der generellen Trace: der Minimal-Radius und die Maximalsteigung, vorbehaltlich von Rectificationen durch detaillirte Untersuchungen, bestimmt, so muss man bei der Detailtracirung den örtlichen und Betriebs-Verhältnissen Rechnung tragen und also aus dem Minimal-Radius, der Maximalsteigung und der vorgeschriebenen Minimal-Leistung die entsprechende Spurweite, den Oberbau und die Betriebs-Mittel beurtheilen, unter Benutzung der Brochüre „Grundzüge für die Gestaltung der secundären Eisenbahnen“ vom 26.—28. Juni 1876. Wiesbaden, Kreidel. (Vergl. auch Heusinger, Handbuch für spec. Eisenb.-Technik. V. Band, Secundär- und Tertiärbahnen.)

2. Zusammenhang zwischen Radstand und Spurweite mit Berücksichtigung des kleinsten Curven-Halbmessers.

Für den ruhigen Gang der Wagen kann man annehmen, dass der Radstand wenigstens die $1^1/_2$fache Spurweite betragen solle. In den „Grundzügen“ ist für die kleinste Spurweite von $0^m,75$ ein Radius von 60 Meter bei $1^m,6$ Radstand als der kleinste bezeichnet, allgemein ist der Radstand für diese Spur $^1/_{40}$ des Radius gesetzt. Bei beispielsweise hier noch als zulässig erachtetem 50 Meter Radius wird man also $1^m,25$, rund $1^m,3$ Radstand nehmen können.

---

[1]) Nach dem Aufsatze „Die schmalspurige Montan-Bahn von Rostoken nach Marksdorf in Ungarn, von Paul Klunzinger, in der Allgemeinen Bauzeitung 1875“ zusammengestellt, welche Arbeit sich durch systematische und klare Darstellung, auch deutliche Zeichnungen auszeichnet und für Ausführlicheres nachzusehen ist.

Sehr ausführliche Mittheilungen über den Bau, das Betriebsmaterial und den Betrieb, wie über die Anlagekosten einer Bahn von $0^m,75$ Spurweite, einspurig, welche eine spezifische Frequenz von täglich 700 Personen und 1200 Centner Güter bewältigen kann, in Zeitschr. des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins XXIII. 1877. von Buresch: Die schmalspurige Bahn von Ocholt nach Westerstede in Oldenburg. Auch als Broschüre gedruckt, Hannover, Schmorl & v. Seefeld.

3. In den Curven hinzukommender Widerstand.

Der in Curven zu den Widerständen auf gerader Bahn hinzukommende Widerstand, wird annähernd in Steigung ausgedrückt, für breitspurige Bahnen $\frac{1}{R}$ gesetzt, wenn R der Radius in Metern ist. Da dieser Widerstand nach theoretischen Ermittelungen etwa wächst wie $\frac{\sqrt{a^2+b^2}}{\varrho}$, wo a die halbe Spurweite, b der halbe Radstand und ϱ der Radius der Curve in der engspurigen Bahn, so hat man, wenn W den hinzukommenden Widerstand in der breitspurigen, w denselben in der schmalspurigen bedeutet, $\frac{w}{W} = \frac{R\sqrt{a^2+b^2}}{\varrho\sqrt{A^2+B^2}}$, wobei die grossen Buchstaben sich auf die breitspurige Bahn beziehen.

Wird W für mittlere Werthe z. B. 500 Meter Radius und 5 Meter Radstand nun $\frac{1}{R}$ gesetzt, so hat man, da $A = \frac{1{,}435}{2} = 0{,}7175$, und $B = 2{,}^{m}5$, $w = \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{\varrho\sqrt{0{,}7175^2+2{,}5^2}}$ und für beispielsweise $a = \frac{0{,}75}{2} = 0{,}375$ und $b = \frac{1{,}6}{2} = 0{,}8$, $w = \frac{\sqrt{0{,}7806}}{\varrho\sqrt{6{,}7648}} = \frac{0{,}884}{2{,}6\,\varrho}$ $= \frac{1}{2{,}94\,\varrho}$, oder annähernd $w = \frac{1}{3\,\varrho}$, also dreimal kleiner bei gleichem Halbmesser als auf der breitspurigen Bahn. Es wird also in einer Krümmung von ϱ Halbmesser die Steigung um $\frac{1}{3\,\varrho}$ zu ermässigen sein. Für $b = \frac{1{,}3}{2} = 0{,}65$ findet man beispielsweise $w = \frac{\sqrt{0{,}5731}}{\varrho\sqrt{6{,}7648}} = \frac{0{,}757}{2{,}6\,\varrho} = \frac{1}{3{,}435\,\varrho}$, wofür man $\frac{1}{3{,}5\,\varrho}$ wird setzen können.

4. Widerstand in gerader Bahn.

Der Widerstand in gerader Bahn hängt von dem Verhältniss des Nabendurchmessers zum Raddurchmesser ab, betreffs der Zapfenreibung; von der Grösse des Raddurchmessers, betreffs der wälzenden Reibung, und von der Geschwindigkeit betreffs sonst hinzukommenden Antheiles. Man wird ihn, falls Versuche fehlen, theoretisch bestimmen oder gleich dem auf breitspuriger Bahn annehmen können, und Letzteres hier um so eher, als, je stärker geneigt die Bahn ist, je weniger der Bahnwiderstand gegen den Widerstand auf starker Steigung in Frage kommt. Der Luftwiderstand ist bei der geringen Geschwindigkeit auf secundären Bahnen unerheblich.

5. Nachweis der verlangten Leistung und Ermittelung der Grösse der Züge bei dem einfachsten Betriebe mit einer Locomotive.

Hier ist zu ermitteln, wenn das zu fördernde Quantum feststeht, die Anzahl Arbeitstage im Jahre, und wie lange eine Fahrt bei der angenommenen Geschwindigkeit und der Länge der Bahn dauert. Rechnet man beispielsweise 250 Tage im Jahre, nämlich 150 im Sommer und 100 im Frühjahr und Herbst, nach Abzug von 2 Wintermonaten während welcher der Betrieb durch klimatische Verhältnisse unterbrochen angenommen wird und nach Abzug der Sonn- und Feiertage, und eine 18 Kilometer lange Bahn und Geschwindigkeit von 8 Kilometern pro Stunde, so dauert bei 2×18 Kilometer Weg jede Fahrt mit Aufenthalt für Auf- und Abladen und Wassernehmen 5—6 Stunden; man kann also im Sommer 3, im Frühjahr und Herbst 2 Züge pro Tag, also (wenn die Bahn ohne Zugkreuzungen d. h. so einfach wie möglich ohne Telegraphen und Signale, zur Vermeidung der hieraus hervorgehenden Mehrkosten des

Betriebes eingerichtet werden soll) jährlich $3 \cdot 150 + 2 \cdot 100 = 650$ Nutzfahrten machen. Es müssen also bei einem jährlichen Quantum von beispielsweise einer Million Centner Nutzlast in der einen Richtung, während in der anderen die Wagen leer gehen, Züge mit mindestens $\frac{1\,000\,000}{650} = 1500$ Zollcentner möglich werden.

6. Dimensionen, Tragkraft und Eigengewicht der Wagen nach Maassgabe der Spurweite und der Art der zu fördernden Produkte.

Die obige Netto-Belastung soll auf Wagen vertheilt werden von $0^m,75$ Spur und $1^m,3$ Radstand. Nimmt man das specifische Gewicht des zu transportirenden Materials $= n$ an und setzt die Kastenlänge ungefähr gleich dem doppelten Randstande $= 2^m,5$, die Breite etwas weniger als doppelte Spur $= 1^m,12$ und die Tiefe des Kastens gleich der halben Breite, also $0^m,7$, so ist der Rauminhalt sehr nahe 2,5 Kubikmeter, und die Ladung wiegt $n \cdot 2,5 \cdot 1000$ Kilogramm. Ist beispielsweise für Eisenerze $= 2$, so ist die Belastung eines jeden Wagens $2 \cdot 2,5 \cdot 1000 = 5000$ Kilogramm $= 100$ Zollcentner. Es muss also ein Zug aus $\frac{1500}{100} = 15$ Wagen bestehen. Solche Wagen für Erze, welche an einem Sommertage 108 Kilometer machen, also sehr beansprucht werden, haben bei der fraglichen Bahn gute Tragfedern, elastische Zug- und Buffer-Vorrichtungen erhalten und haben bei fast ausschliesslicher Verwendung von Eisen 45 Zollcentner gewogen, mit besonders eingerichteter Bremsvorrichtung 50 Zollcentner. Sie haben Räder von $0^m,6$ Durchmesser, Bufferhöhe $0^m,5$, Höhe bis Sohle des Kastens $0^m,77$, ganze Höhe $1^m,48$, äussere Länge des Wagenkastens $2^m,51$, Höhe desselben $0^m,71$, Breite $1^m,42$ und Länge zwischen den Buffern $3^m,46$ erhalten.

7. Durchschnittliche Zugkraft und Adhäsions-Gewicht der Locomotive, in der Voraussetzung, dass beispielsweise die beladenen Züge zu Thal gehen.

Diese Züge von 15 Wagen, welche beladen, ohne Maschine, 2250 Zollcentner, leer 750 Zollcentner, wiegen, gehen beispielsweise beladen auf 25 Mill. pro Meter oder $^1/_{40}$ zu Thal und müssen leer hinauf gezogen werden. Rechnet man den Widerstand der Wagen und der Locomotive als Fahrzeug in gerader und horizontaler Bahn zu 3 Kilogramm pro Tonne von 1000 Kilogramm und den Widerstand in Curven zu $\frac{1}{3\,\varrho}$, also in 50 Meter Radius zu $\frac{1}{150} = 0,00666$, so hat man, um einen leeren Zug von 750 Centner Gewicht auf $^1/_{40} = 0,025$ hinaufzuziehen, wenn man den Adhäsions- (Reibungs-) Coefficienten zwischen Treibrädern und Schiene $^1/_7$ setzt, das erforderliche Gewicht der Tender-Locomotive, wenn sämmtliche Achsen gekuppelt sind, aus der Beziehung $\frac{L}{7} = (L + 750)\,(0,003 + 0,025 + 0,00666)$ und hieraus $L = 240,47$ Centner $= 12,02$ Tons. Die erforderliche und wegen der Adhäsion vorhandene Zugkraft am Umfange der Treibräder ist dann $\frac{240,47}{7} = 34,35$ Centner $= 1717,5$ Kilogramm; und wenn man den Reibungswiderstand des Mechanismus einer drei-gekuppelten Locomotive auf den Umfang der Treibräder reducirt $= 9$ Kilogramm pro Tonne setzt, so kommen noch $9 \cdot 12,02 = 108,18$ Kilogramm auf den Umfang der Treibräder reducirt, hinzu, so dass man im Ganzen $1717,5 + 108,18$ Kilogramm $=$ rund 1826 Kilogramm an dieser Stelle als Widerstand wirkend, der Berechnung der Leistung der Locomotive, welche hinter den Kolben disponibel sein soll, zu Grunde legen muss.

Die gewählte Tenderlocomotive mit 3 gekuppelten Achsen wiegt leer 239 Zollcentner, und mit Kohlen und Wasser ausgerüstet 300 Centner. Auf einer Strecke von

5 Kilometer, welche vor dem Gefälle von 1/40 liegt, hat die Locomotive einen beladenen Zug von 1500 Centner Netto und 750 Centner Wagengewicht bergauf auf 2,66 pro Mille zu ziehen. Die erforderliche Zugkraft am Umfange der Treibräder ist dann, wenn die Locomotive 300 Centner wiegt, für den Fall, dass auf dieser Strecke Radien von 50 Meter ebenfalls vorkommen, $Z = (300 + 2250)\ (0{,}003 + 0{,}00266 + 0{,}00666) = 31{,}42$ Centner = 1571 Kilogramm, weshalb also auch für diesen Fall die gewählte Maschine ausreicht.

8. Construction der Locomotive.

Hiernach hat man, um nicht zu schwere Schienen zu verwenden, und weil bei einer zweiachsigen Locomotive der Druck pro Achse von 150 Centner mindestens Schienen von 23 Kilogramm pro laufenden Meter erfordert hätte, eine Tenderlocomotive mit 3 gekuppelten Achsen gewählt. Da man hier nur 100 Centner auf die Achse (statisch) bekam, konnte man Schienen von nur 15,95 Kilogramm pro laufenden Meter verwenden.

Jede der zwei für den Betrieb der Bahn erforderlichen (weil wenigstens eine in Reserve) Tender-Locomotiven hat folgende Dimensionen erhalten: Gewicht ohne Ausrüstung 239 Zollcentner = 11950 Kilogramm, dienstfähig (mit Wasser und Brennmaterial) 300 = 15000 Kilogramm, Cylinder-Durchmesser 290 Millimeter, Hub 425 Millimeter, Treibrad-Durchmesser 800 Millimeter, Heizfläche 88 Röhren = 35,31 □ Meter, Feuerbüchse 3,07 □ Meter, zusammen 38,38 □ Meter, Rostfläche 0,639 □ Meter, Wasserraum 1,75 Cubikmeter, Kohlenraum 0,85 Cubikmeter. Grösste Höhe über den Schienen $2^m,8$, grösste Breite 2 Meter, ganze Länge 5,57 Meter. Jede Maschine hat 3 gekuppelte Achsen je $0^m,9$ von einander entfernt (also fester Radstand $= 2 \cdot 0{,}9 = 1^m,8$) und ist die mittlere Achse etwas verschiebbar.

Die Probefahrten haben die Leistungsfähigkeit der Maschine dahin ergeben, dass eine solche auf einer 12 Kilometer langen Steigung von 1/40 bergauf, ihr eigenes Gewicht nicht eingerechnet, bei 1 1/3 Meilen pro Stunde (circa 10 Kilometer) einen Zug von 1100 Centner Bruttolast, bei gutem Wetter zu befördern im Stande war. Diese Maschinen sind neben Hand- (Keil-) Bremse noch mit Dampfbremse ausgestattet worden.

9. Schwierigkeit der Thalfahrt und erforderliche Bremskraft.

Beim Hinabfahren des beladenen Zuges auf $\frac{1}{40}$ ist ein Ueberschuss über den Widerstand des Zuges und den Bremswiderstand, welchen die gebremste Locomotive ausüben kann, vorhanden, welcher in der geraden Linie sich wie folgt ermittelt:

Man hat abwärts wirkend im Ganzen $(300 + 2250)\ (0{,}025 - 0{,}003) = 56{,}10$ Centner oder 2805 Kilogramm. Hiervon ab das Gewicht der Locomotive mit dem Reibungs- (Adhäsions-) Coefficienten multiplicirt, welches, wie früher gefunden, 1717,5 Kilogramm, ergiebt, bleibt ein Ueberschuss von 1087,5 Kilogramm, welcher wenigstens durch Bremsung der Wagen für das Gleichgewicht aufzuheben sein würde, zu dem aber um so mehr Bremskraft hinzukommen muss, desto grösser die Geschwindigkeit beim Hinabfahren und je kleiner der Weg ist, auf welchem die Wagen zum Stillstande gebracht werden sollen.

Bei glatten und schlüpfrigen Schienen, wo die Adhäsion kleiner als das angenommene 1/7 wird, kann übrigens der Ueberschuss der Schwerkraft erheblich grösser werden.

Wäre beispielsweise die Reibung oder Adhäsion im ungünstigen Falle nur 1/20 und n die Anzahl der zu bremsenden beladenen Wagen à 150 Centner = 7500 Kilogramm so hätte man, wenn f die Reibung oder Adhäsion, die Anzahl Wagen für das Gleichgewicht aus 2805 Kilogramm $= (L + 7500\,n)\,f$ und hieraus, da $L = 300$ Centner $= 15000$ Kilogramm, $n = \frac{2805 - 1/20 \cdot 15000}{375} = 5{,}5$ Wagen, also 6 Wagen würden zu bremsen sein.

Soll beispielsweise bei einer Geschwindigkeit von 1½ Meilen = rund 1200 Meter pro Stunde oder $3^{m},33$ pro Secunde = v, der Zug auf 100 Meter = s nach Anziehen der Bremsen zum Stillstande gebracht werden, so hat man annähernd (die rollenden Massen vernachlässigt) aus der Gleichung $\frac{\frac{1}{2} Q v^2}{g} = (B - 2805)\, s$,*) wenn Q das Gewicht des Zuges von 15 beladenen Wagen à 150 Centner = 2250 Centner oder 112500 Kilogramm und der Locomotive von 15000 Kilogramm, zusammen 127500 Kilogramm, und B den Bremswiderstand in Kilogramm und g die Erdacceleration bedeuten, also $\frac{\frac{1}{2} \cdot 127500 \cdot (3{,}33)^2}{9{,}81} = (B - 2805)\, s$ und hieraus B = 3525,68.

Ist also W der Antheil des aus Locomotive und 15 Wagen bestehenden Zuges, welcher gebremst werden muss, um den Bremswiderstand B hervorzubringen, so muss also sein $\frac{1}{20} W = B$, und hieraus $W = 20\, B = 20 \cdot 3525{,}68 = 70513{,}6$ Kilogramm, also, da die Locomotive = 15000 Kilogramm und jeder beladene Wagen 7500 Kilogramm wiegt, $\frac{(70513{,}6 - 15000)}{7500} = 7{,}4$ Wagen, d. h. in dem Zuge von 15 beladenen Wagen müssten die Locomotive und 7,4 Wagen, also etwa die Hälfte der Wagenachsen, gebremst werden können.

Für genauere Rechnungen betreffs der Wirkung der Bremsen kann nachgesehen werden „Heusinger v. Waldegg, Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik, Band III., die Locomotive, II. Cap. Die widerstehenden und bewegenden Arbeiten bei Fortschaffung von Eisenbahnfahrzeugen".

10. Construction von Wagen mit beim Hinauf- und Hinabfahren selbstwirkenden Bremsen, wenn etwa eine Trennung des Zuges durch Losreissen von Wagen erfolgt.

In der Ausführung ist bei den Wagen das Centralbuffersystem — d. h. ein Buffer in der Längsachse des Wagens, statt der bei Wagen auf breitspuriger Bahn gewöhnlich vorhandenen zwei Buffer — mit selbstthätiger Kuppelung (Patent Klunzinger) in Anwendung gebracht. Ebenso ist eine dem Erbauer patentirte selbstwirkende Bremse, bei welcher ein Theil des Wagengewichtes zur Wirkung auf einen Hebel gebracht werden kann, welcher die Bremsen andrückt, an jedem Wagen angebracht. Fünf Wagen sind zu einer Bremsgruppe verbunden, es werden mittelst über Rollen gehende Seilverbindung die Bremshebel gehoben und dadurch die Bremsen frei, während bei Lösen des Seiles oder auch Abreissen eines Theils des Zuges, die Bremsen durch einen Theil des auf den Hebel drückenden Wagengewichtes angedrückt werden, so zwar, dass ganz beladene Züge, welche auf 1/40 mit 1½ Meilen Geschwindigkeit pro Stunde hinabfahren, nur noch 20—30 Meter bis zum Stehenbleiben durchliefen.

11. Traciren der Bahn auf dem Felde.

Bei kleinen Radien und geringer Kronenbreite ist die Lage der Bahnachse auf die Arbeiten von erheblichem Einflusse, weshalb sehr genau tracirt werden muss. An steilen Hängen nahm man Querprofile, an sanft geneigten Hängen tracirte man die Linie mit dem erforderlichen Gefälle auf das Terrain, an den Wiederkehren wurden Horizontalcurven aufgenommen und nach dem Traciren auf der Karte wurde die Linie draussen ausgesteckt. Dann wurde die Linie abgepfählt, die Lage der Durchlässe bestimmt etc. Hierauf wurde der Bau in Einschnitten und Dämmen begonnen. Wenn

*) Hierbei ist der Widerstandscoefficient 0,003 als unabhängig von der Geschwindigkeit angenommen, was bei kleinen Geschwindigkeiten zulässig ist.

die Bahn in einen Lehnenanschnitt zu liegen kam, wo die Felsenprofile im Voraus nicht zu bestimmen waren, wurde der Anschnitt in der Höhe des Unterbau-Planums profilirt und je nach dem Ergebniss der Aufdeckung desselben die Linie nachgerückt.

12. Bahnhöfe und Zubehör.

Bahnhöfe sind zwei, nämlich an jedem Ende der 18,7 Kilometer langen Strecke ist einer vorhanden.

Drehscheiben sind wegen der Tender-Maschinen entbehrlich, ebenfalls sind Anlagen für den Personenverkehr nicht erforderlich.

Auf der Endstation (Marksdorf) sind ein Wohngebäude aus Ziegelmauerwerk mit freistehendem Abort, Locomotiv-Remise mit Wasserthurm und kleiner Werkstätte, Handmagazin und Kohlenschuppen, auch Entleerungsgrube, Weichen mit Pfeilscheibe versehen. Auf der Strecke sind keinerlei optische oder akustische Signale angebracht. Auch sind electrische Telegraphen vorerst als unnöthig betrachtet, da sich jeder Zeit nur ein Zug auf der Strecke befindet. Sämmtliche Wärter sind, wie das Zugpersonal, mit Handsignalfahnen, Knallkapseln und Laternen mit dreierlei farbigen Gläsern versehen.

13. Wasserstationen auf der Strecke.

Wasserstationen sind ausser den beiden auf jeder Endstation, noch zwei vorhanden, eine bei Kilometer 6, die andere bei etwa Kilometer 13,4, beide in Verbindung mit Bahnwärterhäusern und auf etwa 50 Meter langen Horizontalen, durch fliessendes, keinen Kesselstein bildendes, aus nahe gelegenen Quellen mit hölzernen Röhren hergeleitetes, unter natürlichem Drucke aufsteigendes Wasser gespeist. Die Behälter jeder Wasserstation fassen so viel Wasser, als eine Maschine bei leerem Wasserkasten aufnehmen kann, und sind in einer Stunde wieder gefüllt. Auf den Strecken-Wasserstationen werden in einem kleinen Magazin, unter dem Reservoir-Raum, Kohlen und Sand (zum Streuen unter die Treibräder) für den Nothfall vorräthig gehalten.

14. Dimensionen des Planums.

Planum. Für diese eingleisige Bahn war nach Maassgabe der Locomotive das Profil im Lichten 3,1 Meter hoch und 2,1 Meter breit. Das Schotter- (Kies-) Bett in Schienenunterkante 2 Meter breit, während die Breite des Planums wechselt, je nachdem die Bahn in Einschnitten oder Dämmen und Curven mit kleineren Halbmessern sich hinzieht. Die Querprofile sind in unserer Quelle abgebildet.

Die meisten Felsen gestatteten im Einschnitt $^1/_6$malige, theilweise noch steilere Böschungs-Anlage. Dammböschungen bei steinigem Material $^1/_1$ bis $^3/_4$malig, bei erdigem Material $1^1/_2$malig.

15. Brücken und Durchlässe.

Zu den nicht massiven Brücken ist nur Holz verwendet. Die kleineren von $0^m,6$ resp. 1 und 2^m für den Wasserabzug, grössere von 4 Meter Weite für Durchfahrten oder als Holzabfuhr-Rinnen. Gewölbte Durchlässe konnten nicht angewendet werden, weil das Bruchstein-Material (meist grüner Grauwacken-Schiefer) aus den Einschnitten wenig lagerhaft war. Für das Mauerwerk wurden die einfachsten Formen deshalb gewählt. Kleinere Durchlässe von $0^m,6$ und darunter wurden mit Sandsteinplatten abgedeckt. Ausserdem wurden an allen Stellen, wo der bergseitige Abzugsgraben rasch entwässert, oder das vertiefte Durchführen des Grabens bis

zum nächsten Durchlasse erspart werden sollte, zahlreich gusseiserne Wasserleitungsröhren von 0m,16 lichter Weite, mit starkem Gefälle, unter dem Bahndamme durchgeführt.

Die offenen Durchlässe erhielten Steinwiderlager mit Oberbau-Construction aus Kiefernholz. Die Widerlager oben 2,5 Meter breit, mit der Bahnachse parallelen Stirnen und zwischen den Flügeln voll ausgemauert, die muldenartige Oberfläche (so dass das Wasser nicht hinter das Widerlager laufen kann) durch eine Oeffnung im Mauerwerk, die dicht vor dem angeschütteten Kegel ausmündet, entwässert.

Die Holzconstructionen wurden mit Rücksicht auf Radstand und Radbelastung der Maschine, anderseits auf die Beschaffenheit des Holzes berechnet; die lichte Weite zwischen den Holzgeländern der offenen Durchlässe beträgt 3 Meter.

16. Einfriedigungen.

Die Einfriedigungen sind bei der festgesetzten Maximalgeschwindigkeit von 15 Kilometer pro Stunde = 4,167 Meter pro Secunde möglichst beschränkt worden. Wegübergänge im Niveau der Bahn erhielten Drehflügel. Sie liegen so nahe bei den Wärterhäusern (deren 5 auf der freien Strecke vorhanden), dass Zugbarrièren nicht nöthig wurden. Auf der ganzen Strecke sind in 100 Meter Entfernung Abtheilungspfähle eingesetzt, alle Steigungswechsel mit Gefällzeigern versehen und alle Bögen am Anfang und Ende durch Pflöcke bezeichnet, welche den Bogenhalbmesser aufgeschrieben tragen, was besonders für die Oberbau-Unterhaltung zweckmässig ist.

17. Construction des Oberbaues, Ueberhöhung, Stärke der Bettung und der Schienen.

Der kleinste Curvenhalbmesser beträgt 50 Meter, jedoch ist dort, wo er nicht zu vermeiden war, die Steigung der Bahn auf 1/50 angelegt. Bei stärkeren Steigungen bis 1/40 beträgt der Halbmesser 60 Meter. Die Ueberhöhung der äusseren Schiene in den Curven in Metern ist abgerundet nach der Formel $h = \frac{3{,}750}{r}$ Meter, wenn r der Radius in Metern ist, ausgeführt, oder, wenn die Ueberhöhung in Millimetern $h = \frac{3750}{r}$ und beträgt in Curven von 600 Meter noch 5 Millimeter. Nach der Rechnung sollte sie, wie die bekannte Formel ergiebt, sein: $h = \frac{sv^2}{gr}$, wenn s die Entfernung der Schienen von Mitte zu Mitte, v die Geschwindigkeit pro Secunde, g die Erdacceleration = 9,81 Meter und r der Curvenradius in Metern. Es ist s = 0,79, v bei 15 Kilom. Maximal-Geschwindigkeit pro Stunde also 4,167 Meter, und es wird $h^m = \frac{0{,}79 \cdot 4{,}167^2}{9{,}81 \cdot r} = \frac{1{,}398}{r}$ oder $h = \frac{1398}{r}$ in Millimetern. Weshalb die Ueberhöhung fast drei Mal so gross genommen wurde, ist hier nicht bekannt, doch sollen Versuche einen leichteren Gang der Maschine ergeben haben. —

Die Spurerweiterung beträgt bei 50 Meter Radius 20 Millimeter, bei 600 Meter = 2 Millimeter, zwischen diesen Werthen ist für andere Radien interpolirt.

Die Bettung ist aus Steinschlag oder Schlegelschotter, vom Einschnitts-Material oder kleinen Findlingen der Berghalden geschlagen, unter den Schwellen 0m,15 stark; letztere sind nicht mit Schotter überdeckt. Querschwellen von Lärchenholz 1m,50 lang, mindestens 0m,10 stark und 0m,18 bis 0m,20 breit, von Mitte zu Mitte höchstens 0m,70 entfernt; bei den schwebenden Stössen so nahe, als es das Stopfen der Schwellen zuliess. Auf die Schienenlänge von 6 Meter kommen sonach 9 Schwellen. — Die Schienen aus Bessemer Stahl gewalzt und für 50 Centner Radbelastung berechnet, in Längen von 6 Meter für die gerade Linie und 5,9 Meter in Curven geliefert. Querschnittsfläche 20 □Centimeter. Kopfbreite 4 Centimeter, Höhe 8,3 Centimeter, Steg

in der halben Höhe 0,8 Centimeter. Fussbreite 7,2 Centimeter, keine Einklinkungen; dagegen sind die äusseren Laschen Winkellaschen, welche das Verschieben verhindern. Stösse überall schwebend, Schwellen neben dem Stosse haben 4-löcherige Unterlagsplatten. In Curven sind überdies neben grösserer Zahl von Nägeln noch Zwischenplatten in Anwendung gebracht und zwar bei Halbmessern von 50—100 Meter 6 Stück, bei solchen bis 300 Meter 2 Stück. Die Gewichte des Oberbau-Materials sind die folgenden:

100 Stück	Aussenlaschen	264,88	Kilogramm.
100 „	Innenlaschen	189,84	„
100 „	Laschenbolzen	19,88	„
100 „	Unterlagsplatten	92,68	„
100 „	Nägel	9,69	„

Gewicht der Schiene pro laufenden Meter 15,95 Kilogramm.

18. Weichen und Kreuzungen.

Die Ausweichungen sind mit Radien von 50 Meter und Herzstücken von 7°30′ (1/8) angelegt. Vor und hinter dem mathematischen Kreuzpunkte ist eine Gerade von 2 Meter Länge eingelegt. Die Weichen sind denen normaler Bahnen ähnlich ausgeführt, haben $2^{m},80$ lange Zungen, welche an der Weichenwurzel einen Bogen von 50 Meter Halbmesser berühren. Die Zungen schlagen an der Spitze 80 Millimeter auf, während der lichte Raum zwischen den Köpfen an der Weichenwurzel 40 Millimeter beträgt. Die Spurkranzrille bei den Zwangschienen der Kreuzungen ist 29 Millimeter weit.

Das Biegen der Schienen für die Curven (z. B. bei 6 Meter langen Schienen und 50 Meter Radius, 90 Millimeter Pfeilhöhe) geschah, nach aufgestelltem Verzeichnisse auf dem Eisenwerke. —

Uebergangscurven. Bei Curven von weniger als 300 Meter Radius sind Uebergangscurven von 10 Meter Länge angewendet, und zwischen Contrecurven ist eine wenigstens 10 Meter lange Zwischengerade angebracht.

19. Betriebs-Material.

Die Constructions-Verhältnisse der beiden Tender-Locomotiven sind sub 8 (Construction der Locomotive) angegeben:

Die Wagen haben 2,5 Cubikmeter Raum-Inhalt und tragen 100 Zollcentner = 5000 Kilogramm Eisenerze; Eigengewicht 45 Centner ohne und 50 Centner mit Aufzug-Vorrichtung (siehe unten). —

Da jedes Rad gebremst werden kann, sind nur schmiedeiserne Speichenräder mit Bessemer Stahlbandagen und gusseisernen Naben gewählt; die Radachsen aus Bessemer Stahl; Achsbüchsen zum Schmieren von oben und unten, nach Becker. Radstand $1^{m},3$. Ein Central-Buffersystem mit Druck- und Zugvorrichtung durch starke Gummifedern. Kupplung selbstthätig beim Zusammenstossen zweier Wagen, das Auskuppeln erfolgt durch Ausheben des Einfallhakens aus einem Bufferkopf. Buffermitte $0^{m},5$ über Schienenkopf. —

20. Patentirte selbstwirkende Wagengewichts-Bremse (System Klunzinger).

Sie ist von sinnreicher Anordnung, indem ein Theil des Wagengewichtes auf dem einen Federpaar ruht, und der Stützpunkt der Federn durch Aufheben des Endes eines langen Hebels etwas gehoben werden kann. Mit diesem langen Hebel stehen die Bremshebel in Verbindung. Ist das Ende des langen Hebels durch eine über 3 Rollen gehende Schnur gehoben, so sind die Bremsen frei; wird die Schnur losgelassen, so drückt ein Theil des Wagengewichtes auf den Stützpunkt des Federpaares, der grosse

Hebel geht nieder und die Bremshebel resp. Bremsklötze (aus Schmiedeisen) werden angedrückt. Fünf Wagen werden mit einander in Verbindung gebracht, so zwar, dass von einem Aufzughaspel, der an dem vorderen der 5 Wagen angebracht ist, die Zugleine gezogen und gelöst werden kann. — Es folgt, dass, falls ein Theil des Zuges sich loslöst, die Schnur reisst und die Bremsen selbstthätig wirken. —

Auf 1/40 wurden von einem mit 10 Kilometer pro Stunde bergab fahrenden Zuge 5 leere Wagen losgekuppelt, welche, sich selbst überlassen, noch 100 Meter bis zum Stillstande zurücklegten. Ganz beladene Züge blieben nach dem Loslassen des Aufzuges bei der obigen Geschwindigkeit auf 20—30 Meter stehen.

21. Anlagekosten der Bahn.

Die Kosten dieser Bahn sind in unserer Quelle specificirt angegeben und im Folgenden summarisch zusammengestellt.

	Im Ganzen Gulden	pro Kilometer	in Procenten der Gesammtsumme
1) Vorarbeiten und Tracirung	5000	270	1,13
2) Bauleitung	18540	990	4,19
3) Unterbau, Brücken und Wegüberführung, auch Beschotterung	155140	8300	35,08
4) Oberbau, mit Weichen und Kreuzungen	194470	10400	44,00
5) Hochbauten der currenten Bahn	6250	330	1,41
Desgl. der Bahnhöfe (ohne Einrichtung)	6900	370	1,56
Einrichtungen	2950	160	0,67
6) Bahnabschluss	820	43	0,19
7) Fahrbetriebsmittel	52030	2780	11,77
Gulden österr. Währung à 2 Mark . . .	442100	23650	100,00

Die Kosten für Grunderwerb sind für etwa 22 Hectaren auf rund 60000 fl. geschätzt.

22. Noch einige detaillirte Angaben und Rentabilität.

Folgende detaillirte Angaben sind noch nützlich.

Unterbau. a) Erd- und Felsarbeiten.

Von 147000 Cubikmetern waren 117400 Cubikmeter erdiges und 29600 Cubikmeter felsiges Material zu den Durchschnittspreisen rund 42 Kreuzer = 8,4 Sgr. resp. 1 fl. 15 = 23 Sgr. pro Cubikmeter, Alles eingerechnet.

b) Kunstbauten. Für ein Cubikmeter aufgehendes Mauerwerk incl. Material und aller Arbeit 9 fl. bis 15 fl. oder 18 bis 30 Mark; letzterer Preis bei schwer zugänglichen Objecten.

Die Kosten des Holzoberbaues einschliesslich Holz- und Eisen-Material, Abbinden und Aufstellen betrugen

für	1	offenen	Durchlass	von	1	Meter	Lichweite	11 fl.
„	1	„	„	„	2	„	„	30 „
„	1	„	„	„	3	„	„	50 „
„	1	„	„	„	4	„	„	127 „

Die 15 Meter weite Brücke im Eisenbach-Thale kostete 8750 fl., und zwar Mauerwerk 7560 fl. und Holz-Construction 1190 fl.

Eine Wegübergangs-Brücke von 4 Meter Breite kostete bei directer Auflage der Holz-Construction auf Felseinschnitten 250 fl., bei Auflage auf Tragjochen in Einschnitten mit erdigem Material 600 fl.

Oberbau. Die Kosten von 1 laufenden Meter Gleis einschliesslich Stationsgleise und Weichen betragen, Material, Transport und alle Arbeit eingerechnet, durchschnittlich 10 fl.

Bezahlt wurden:

Für Legen von 1 laufenden Meter Gleis . . . . . (Ein Gulden = 2 Mark hat 100 Kreuzer.)	23 Kreuzer	= 40,60 Sgr.
Heben aufs richtige Niveau pro Meter	15 „	= 3,00 „
Legen sammt Heben aufs richtige Niveau von einer Weiche nebst Kreuzung	30 fl.	= 60 Mark.

Rentabilität. Die Kosten für den Transport setzen sich, wenn zunächst die Summe von 1 Million Centner in Rechnung gebracht wird, aus folgenden Summen zusammen:

a) die Kosten des Personals für Betrieb, Bahnerhaltung und Werkstätte belaufen sich nach den bisherigen Erfahrungen auf höchstens	12000 fl.
b) für Betriebs-Verbrauchs-Material, als Oel, Kohlen etc. jährlich . .	4000 „
c) an Zinsen für das Anlage-Kapital, Amortisations-Quote, Betrag für Neuanschaffung von Abgängen jährlich	54000 „
Summa	70000 fl.

Dies auf eine Million Centner vertheilt, giebt pro Centner 7 Kreuzer = 1,4 Sgr., wozu noch die Kosten des Auf- und Abladens mit höchstens 0,5 Kreuzer = 0,1 Sgr. kommen.

Es kostet somit der Transport von 1 Centner Eisenerz auf der Bahn von 18,7 Kilometer Länge, 7,5 Kreuzer = 1,5 Sgr., während er bei Benutzung von Fuhrwerken nach den Erfahrungen auf einer nahe gelegenen, gut unterhaltenen Landstrasse 12—15 Kreuzer = 2,4 bis 3 Sgr. (ohne Beitrag zur Strassen-Unterhaltung) kosten würde.

Somit hat man bei 1 Million Centner eine jährliche Ersparniss von 45000 bis 75000 fl. oder 90000 bis 150000 Mark. Diese Ersparniss erhöht sich ganz erheblich, wenn ein Mal zwei Millionen Centner zu transportiren sein werden. Es werden sich dann die bei der Benutzung der Bahn ergebenden Posten etwa stellen ad a) auf das 1½fache, ad b) auf das Doppelte und ad c) wegen Vermehrung des Fahrparkes und grösserer Abnutzung der Schienen auf das 1½fache, also zusammen auf etwa 107000 fl., somit pro Centner, einschliesslich Auf- und Abladen, 6 Kreuzer = 1,2 Sgr., was einer jährlichen Ersparniss gegenüber dem Transport mit Fuhrwerk von 120000 bis 180000 fl. oder 240000 bis 360000 Mark gleichkommt, wobei es noch fraglich ist, ob man ein solches Quantum mit Pferden auf einer Strasse jährlich mit Sicherheit (Schwierigkeit des Transportes im Winter, bei aufthauender Strasse etc.) und der erforderlichen Pünktlichkeit würde transportiren können.

(Ein Profil dieser Bahn findet sich auch in Handbuch der speciellen Eisenbahn-Technik von Heusinger von Waldegg, V. Band: secundäre Bahnen, Tafel II.)

F. Anhang.

35. Einige Literatur.

Betreffend gesetzliche Vorschriften etc.

1. **Technische Vereinbarungen** des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen über den Bau- und die Betriebs-Einrichtungen der Eisenbahnen. Nach den Beschlüssen der Constanzer Techniker-Versammlung etc. vom 26.—28. Juni 1876 mit 3 Blatt Zeichnungen. In Commission bei Kreidel. Wiesbaden. 15 Sgr.

2. **Grundzüge** für die Gestaltung der **secundären** Eisenbahnen. Nach den Beschlüssen etc. (wie ad 1). Mit 2 Blatt Zeichnungen. Wiesbaden. Kreidel. 1876. 10 Sgr.

3. **Betriebs-Reglement** für die Eisenbahnen Deutschlands vom 1. Juli 1874, Berlin 1874. C. Heymann. 7½ Sgr.

4. **Signalordnung** für die Eisenbahnen Deutschlands vom 4. Jan. 1875 mit dem Rundschreiben des Reichseisenbahn-Amtes und Abbildungen. Berlin, 1875. Kortkampf. 6 Sgr.

5. Bekanntmachung betreffend das **Bahnpolizei-Reglement** für die Eisenbahnen Deutschlands vom 4. Jan. 1875 mit Rundschreiben etc. 1875. Berlin. Kortkampf. 6 Sgr.

6. **Gesetz über die Enteignung von Grundeigenthum in Preussen** vom 11. Juni 1874 mit Erläuterungen von Bähr und Langelhans. Berlin 1875. Kortkampf. Dasselbe Gesetz, erläutert von Dalcke. Berlin 1874. J. Guttentag. 2,40 Mark, oder dasselbe erläutert von G. M. Kletke. Berlin, Pfeiffer'sche Buch- etc. Handlung. 1874. 4 Mark.

7. Vorschriften verschiedener deutschen und fremden Staaten, betreffend die Details der verschiedenen Bauausführungstitel bei Eisenbahnen, sind sehr übersichtlich zusammengestellt in Heusinger v. Waldegg-Franzius-Sonne, Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1877. Band I. pag. 168—205.

8. Circular-Verfügung vom 17. Mai 1871 betreffend die Instruction zur Aufstellung der Projecte und Kostenanschläge für den Bau der Kunststrassen. (Auch in Zeitschr. für Bauwesen 1871.)

9. Ueber den vorgeschriebenen Zustand der Bahn und der Betriebs-Mittel und den Betrieb normalspuriger secundärer Bahnen in Preussen, vergl. Verfügung des Handels-Ministers vom 10. Mai 1877 in Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen XVII. 1877. Nro. 4 pag. 554.

Kleine Bibliothek für den Eisenbahn-Ingenieur.

1. **Weber, M. M. von. Die Schule des Eisenbahnwesens.** Geschichte, Technik, Administration und Statistik der Eisenbahnen. 3. Auflage, bearbeitet von Dr. E. Schmitt. Leipzig 1873. 2 Thlr.
2. **Grundzüge des Eisenbahn-Wesens,** in seiner ökonomischen, politischen und rechtlichen Beziehung von Dr. **M. Haushofer.** Stuttgart, Julius Maier, 1873.
3. **Paulus, Rud.** Bau und Ausrüstung der Eisenbahnen. Gemeinfasslich bearbeitet, mit 93 Holzschnitten. Stuttgart, J. Maier, 1872. 2 Thlr.

4. **Winkler, Emil,** Professor am Polytechnikum zu Wien. **Vorträge über Eisenbahnbau.** 1. Heft: **Eisenbahn-Oberbau.** 2. Heft; **Weichen und Kreuzungen.** 3. Heft: **Schiebebühnen und Drehscheiben.** 5. Heft: **Eisenbahn-Unterbau.** Jedes Heft etwa 2 Thlr. 10 Sgr. Prag. Verlag von Dominicus. — **Vorträge über Brückenbau.**
5. **Heusinger von Waldegg. Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik,** unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben. 4 Bde. Mit Holzschnitten und Tafeln. Lex.-8°. Leipzig 1870—73. 1. Band: Der Eisenbahnbau. 2. Band: Der Eisenbahn-Wagenbau. 3. Band: Der Locomotivbau in seinem ganzen Umfange. 4. Band: Die Technik des Eisenbahnbetriebes mit Signalwesen und Werkstätten-Einrichtung. 5. Band: Bau und Betrieb der Secundär- und Tertiär-Eisenbahnen.
6. **Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften** für Eisenbahn-, Strassenbau- und Wasserbau-Ingenieure, in 3 Bänden, von **Heusinger von Waldegg, L. Franzius und Ed. Sonne.** Im Erscheinen begriffen.
7. **Ahlburg. Der Strassenbau,** mit Einschluss der Construction der Strassenbrücken. Lehrbuch für den Unterricht an technischen Lehr-Anstalten, so wie zum Selbststudium für Strassenbau-Ingenieure, mit Holzschnitten. 8°. Braunschweig. 1870. 2 Thlr. 12 Sgr.
8. **Becker, M. Der Strassen- und Eisenbahnbau** in seinem ganzen Umfange. 4. Aufl. gr. 8°. Stuttgart 1876. Mit Atlas von 42 Tafeln in Folio. 20 Mark.
9. **v. Kaven.** Vorträge über Ingenieur-Wissenschaften an der polytechnischen Schule zu Aachen. Abth. I. **Einleitung zum Wege- und Eisenbahnbau** und **der Wegebau.** Mit 190 Holzschnitten und 3 Steindrucktafeln. 2. Auflage. 8°. Hannover. Rümpler 1870. 4 Thlr. 20 Sgr. (vergriffen).
10. **Mary. Cours des routes et ponts.** Professé à l'école centrale. 1 vol. in-4° avec atlas de 68 planches in-folio. 13 Thlr. 15 Sgr. Paris 1873.
11. **Perdonnet. Traité élémentaire des chemins de fer.** 3me édit. 4 vol. Paris 1865. Etwa 20 Thlr.
12. **Goschler. Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer,** à l'usage des ingénieurs, des agents de chemins de fer, des constructeurs et fournisseurs de matériel, et des élèves des écoles spéciales; 4 gros volumes in-8° avec de nombreuses gravures dans le texte et 1 atlas in-8° de 35 planches. Nouvelle édit. 16 Thlr. 24 Sgr. Paris 1865—1868.
13. **Couche, C. Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer.** Ouvrage suivi d'un appendice sur les travaux d'art. Paris 1867 etc. avec atlas in-4°. 33 Thlr.
14. **Traité complet** des chemins de fer **économiques** par **C. A. Oppermann.** Paris 1873. Mit Atlas.
15. **v. Kaven. Literatur** über **secundäre Bahnen** und dahin Gehöriges. Organ von H. v. Waldegg VI. 1869.
16. **Heider, E. J. Systematische Anleitung** zum **Traciren** der Eisenbahnen. Wien 1856.

16a. **Heyne, W. Traciren** der Eisenbahnen in 4 Beispielen mit Atlas. 4. Aufl. Wien. 4 Thlr. 20 Sgr.

17. **J. Stummer v. Traunfels. Praktische Anleitung** zum **Traciren** der Eisenbahnen. Weimar 1867. 1 Thlr. 10 Sgr.
18. **Hoffmann, F.** Ueber **Tracirung von Eisenbahnlinien** im offenen und coupirten Terrain. 2. Aufl. Wien 1871. (Abdruck aus **Förster**'s Bauzeitung. 35. Jahrg. 1870. pag. 59 etc.) 1 Thlr. 22½ Sgr.
19. **Launhardt,** Professor. **Bestimmung der zweckmässigsten Steigungsverhältnisse der Chausseen,** 1868, Fol. 10 Sgr. Hannover, Schmorl & v. Seefeld.

20. **Launhardt. Commercielle Tracirung.** Zeitschrift des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins. XVIII. 1872. Auch als Broschüre bei Schmorl & v. Seefeld, Hannover. 10 Sgr.

21. **Launhardt,** Professor am Polytechnikum zu Hannover. Ueber **Rentabilität und Richtungsfeststellung der Strassen.** 1869. Mit Holzschnitten. 8°. 15 Sgr. Hannover, Schmorl & v. Seefeld. 1869. (Abdruck aus Zeitschr. d. hann. Arch.- u. Ing.-Ver. XVI. 1870. pag. 67.)

21a. **Die Uebergangscurven** für Eisenbahn-Geleise, nebst Rechnungsbeispielen und Tafeln für den praktischen Gebrauch, von **F. R. Helmert.** Aachen, J. A. Mayer. 28 Sgr.

22. **Anleitung zum Veranschlagen** der Eisenbahnen, nebst Preis-Ermittlungen zum Feststellen der Baukosten, von **F. Plessner.** 3. Aufl. Berlin 1873, Ernst & Korn. 2 Thlr.

23. **Henz, L. Praktische Anleitung zum Erdbau.** 3. Auflage, von **W. Streckert.** Mit Atlas von 19 Tafeln in Folio. Berlin, Ernst & Korn. 1873. 6 Thlr. 10 Sgr.

24. **Ed. Schmitt.** Der **Erdkunstbau** auf Strassen und Eisenbahnen. Leipzig, A. Felix. 1871. Erster Theil: **Futtermauern und Durchlässe.** Zweiter Theil: **Bohlwände und Verschlussvorrichtungen** der Planieübergänge. Leipzig 1871. A. Felix. 3 Thlr. 10 Sgr.

25. **Launhardt,** Professor am Polytechnikum zu Hannover. Das **Massen-Nivellement.** Mit Tabelle und Zeichnungen. Hannover, Schmorl & v. Seefeld. 2 Mark.

26. **Vorträge über Bahnhöfe und Hochbauten** auf Locomotiv-Eisenbahnen, gehalten von Dr. **Ed. Schmitt.** Erster Theil: Die Anlage der Bahnhöfe. Leipzig, Arth. Felix, 1873. 3 Thlr. (Vergl. auch: Normen für die Aufstellung von Bahnhofs-Projecten im Deutschen Baukalender 1875.)

27. **Die geometrische Construction von Weichen-Anlagen** für Eisenbahn-Geleise, mit zahlreichen Tabellen und Rechnungsbeispielen, für den praktischen Gebrauch bearbeitet von **L. Pinzger.** Aachen, J. A. Mayer, 1877. Zweite Ausgabe. 2 Thlr. 15 Sgr.

28. **v. Kaven.** Vorträge an der polyt. Schule zu Hannover. Ueber die **Construction von Wegebrücken über der Bahn, Brückthoren unter der Bahn und Rampen-Canälen.** Mit 5 Zeichnungstafeln. Extra-Abdruck aus der Zeitschrift des hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins. Band XV. 1869. Hannover, Schmorl & v. Seefeld. Im Auszuge in Heusinger v. Waldegg's Handbuch für specielle Eisenbahntechnik. 1 Thlr. 10 Sgr.

29. **Keck,** Professor am Polytechnikum zu Hannover. Ueber das zu **Brücken-Constructionen** zu verwendende **Schmiedeeisen, Blech-** und **Façoneisen.** Mit Holzschnitten. 8°. geh. Hannover, Schmorl & von Seefeld. 10 Sgr. 1868.

30. **v. Kaven.** Ueber einige zum **Brücken-** und **Maschinenbau** verwendete **Materialien: Schmiedeisen, Stahl** und **Gusseisen.** Mit 11 Holzschnitten. 4°. geh. Hannover, Schmorl & v. Seefeld. 15 Sgr.

31. **Heinzerling.** Die **angreifenden** und **widerstehenden Kräfte** der Brücken- und Hochbau-Constructionen. Zum Gebrauch beim Berechnen von Brücken und Hochbauten. 4 Mark.

31a. **Heinzerling. Die Brücken in Eisen.** Baumaterial, technische Entwickelung, Construction und statische Berechnung der eisernen Brücken, für Ingenieure, Eisenbahntechniker und technische Lehr-Anstalten, mit über 1000 Abbildungen. Leipzig 1870. 10 Mark.

32. **Heinzerling. Die Brücken der Gegenwart.** Eiserne Brücken, steinerne Brücken und hölzerne Brücken. Aachen bei J. A. Mayer. (4 Hefte sind erschienen, zusammen zu 52 Mark 40 Pf.)

32a. **Laissle und Schübler.** Der **Bau der Brückenträger** mit besonderer Rücksicht auf Eisen-Constructionen. 4. Aufl. Stuttgart. Neff. 10 Mark.

33. **Rziha.** Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst. Berlin. Ernst u. Korn. 5½ Mark.

34. **Schön. Der Tunnelbau.** Vorlesungen über Tunnelbau an den k. k. technischen Hochschulen zu Wien und Brünn. Mit 86 Holzschnitten und Atlas von 29 Tafeln. 2. Auflage. Wien 1874. 5 Thlr. 10 Sgr.

35. **Dr. Rühlmann, Moritz,** Professor am Polytechnikum zu Hannover. **Allgemeine Maschinenlehre.** 3. Band. **Strassen-** und **Eisenbahnfuhrwerke,** einschliesslich der **Locomotive.** Jeder Band etwa 4 Thlr. Braunschweig 1863—74.

36. **Die Schule des Locomotivführers.** Handbuch für Eisenbahn-Beamte und Studirende technischer Anstalten von **Brosius** und **Koch.** Wiesbaden. Kreidel 1874. 9 Mark 20 Pfg.

37. **G. Welkner. Die Locomotive. Grundzüge** ihrer Constructionsverhältnisse. Göttingen. Vandenhoek & Ruprecht. 1859. 1 Thlr.

38. **Petzhold, Alphons. Fabrikation, Prüfung** und **Uebernahme von Eisenbahn-Material.** Ein Hand- und Hilfsbuch für Eisenbahn-Ingenieure, Maschinen- und Hüttentechniker. Wiesbaden. Kreidel. 4 Thlr.

39. **Hanhard u. Waldner.** Tracirungshandbuch für die Ingenieur-Arbeiten im Felde bei der Projectirung und dem Bau von Eisenbahnen und Wegen. Berlin. Ernst und Korn. Cart. 4 Mark.

40. **Sarrazin** und **Overbeck.** Taschenbuch zum Abstecken von Kreisbögen für Strassen und Eisenbahnen, so wie zum Abstecken von Uebergangscurven etc. Berlin. 1874. Beelitz. Gebunden 3 Mark.

41. Die **Literatur der letzten fünf Jahre** (1865—1870) aus dem **Gesammtgebiete** des **Bau- und Ingenieurwesens,** mit Einschluss des Kunstgewerbes, in deutscher, französischer und englischer Sprache, herausgegeben von **Gerold & Co.,** Wien. 2 Mark 40. — Dergl. der letzten 7 Jahre (1870—1876) 4 Mark.

42. Organ für die **Fortschritte** des **Eisenbahnwesens** in technischer Beziehung. Organ des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen. Herausgegeben von E. Heusinger v. Waldegg. Wiesbaden. C. W. Kreidel. Pro Jahrgang 18 Mark.

Von den für die Studirenden übergedruckten Blättern nebst Literatur sind im Buchhandel erschienen bei J. A. Mayer in Aachen.

I. 20 Tafeln ad Tit. VI. u. VII. Disposition von Brücken und praktische Details $18^{74}/_{75}$.
II. 7 Tafeln Stützmauern und Steinbekleidungen nebst Text. 1875.
III. 30 Tafeln Traciren von Eisenbahnen nebst Literatur. 1875.
IV. Vorarbeiten zu Eisenbahnen mit 5 Tafeln und Literatur. 1876.
V. 37 Tafeln Erdarbeiten bei Eisenbahnen nebst Literatur. 1876.

3. Gebrauchte Abkürzungen.

B. bedeutet das sogenannte „graue Buch". Die oben sub I. bis V. erwähnten Hefte sind abgekürzt bezeichnet:

I) Dsp. II) Stz. III) Trc. IV.) Vrb., und V) Erd.

Beispielsweise bedeutet Trc. L. V. 21, 30 Tafeln Traciren etc. Literatur V. Nro. 21. also Pentes économiques en chemin de fer etc. und Trc. I, 5. Traciren Taf. I. Fig 5. (Figuren zur Erläuterung der Grundsätze für durchgehende und Hauptbahnen etc.) Die erste Zahl bedeutet die Tafeln und die folgenden bis zum — die Figuren.

Heus. K., Heus. Spec., Heus. Ing. bedeuten die von Heusinger herausgegebenen Kalender für Eisenbahn-Techniker 1877, Handbuch der speciellen Eisenbahn-Technik,

und Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften von Heusinger v. Waldegg — Franzius — Sonne. 1877.

Ueb. nebst Nr. bezieht sich auf das gedruckte Verzeichniss der Zeichnungen und Drucksachen, welche nur für die Studirenden am Polytechnikum käuflich und im Buchhandel noch nicht erschienen sind.

Für Diejenigen, welche einzelne Gegenstände im Detail zu verarbeiten haben oder sich für die Praxis genauer unterrichten wollen, als es während des Studiums möglich ist, dient folgende Uebersicht der Literatur in den bis jetzt im Buchhandel sub I. bis V. erschienenen Heften.

4. Rubriken der Literatur zu 30 Tafeln Traciren und Vorarbeiten.

I. Statistisches, Nationalökonomisches und allgemeine Gesichtspunkte. II. Gesetzgebung und Vorschriften. III. Karten und graphische Darstellung des Verkehrs. IV. Beschreibung von Eisenbahnen und Bauberichte. V. Betriebskosten und Rentabilität, VI. Tarife und Ermittelung der Selbstkosten. VII. Erneuerungs- und Reserve-Fonds. VIII. Traciren von Eisenbahnen und Vorarbeiten. IX. Betrieb von Eisenbahnen. X. Graphische Fahrpläne. XI. Starke Steigungen und Curven, Gebirgs- und Alpenbahnen. XII. Secundäre Bahnen. XIII. Messungen mit dem Aneroid-Barometer. XIV. Tachymetrie. XV. Locomotive und Wagen in ihren Beziehungen zur Bahn. XVI. Schneeschutz. XVII. Brücken, Durchlässe und Futtermauern. XVIII. Curvenwiderstände. XIX. Werke über Strassen- und Eisenbahnbau und Betrieb und Diverses. — Nachtrag.

5. Rubriken der Literatur zu den 37 Tafeln Erdarbeiten.

I. Erdarbeiten im Allgemeinen, Werke und Aufsätze über Erdarbeiten überhaupt. II. Theoretisches, Kraftformeln. III. Kosten der Gewinnung und des Transportes. IV. Vertheilung der Erdmassen, Massen-Nivellement und Aehnliches. V. Herstellung von Dämmen auf Moor und nachgiebigem Boden. VI. Bohren und Schürfen im Allgemeinen. VII. Gesteinsbohrer und Bohrmaschinen. VIII. Diamant-Bohrer. IX. Erweiterung der Bohrlöcher. X. Feuersetzen. XI. Werke und Aufsätze über Sprengen, Riesenminen etc. XII. Sprengungen unter Wasser. XIII. Kraft des Pulvers und Theoretisches. XIV. Schiesspulver. XV. Nitro-Präparate. XVI. Vergleich zwischen Pulver und Nitroglycerin. XVII. Electrische Zündungen. XVIII. Moderne Sprengtechnik. XIX. Flächenberechnung und Cubicirung. XX. Planimeter, deren Theorie und Gebrauch. XXI. Rechenmaschinen. XXII. Geräthe zur Erdgewinnung. XXIII. Construction von Handkarren. XXIV. Transportwagen für Bohlenbahnen, Interimsbahnen etc. XXV. Sturzgerüste, Weichen, Herzstücke etc. XXVI. Locomotiven für Erdtransporte. XXVII. Consolidation der Böschungen. XXVIII. Einiges über Futtermauern und Steinbekleidungen. XXIX. Bepflanzen von Böschungen und Ausgrabungen. XXX. Schneewehen und Mittel dagegen. XXXI. Selbstwirkende Ebenen, gespannte Seile. XXXII. Beleuchtung von Bauplätzen. XXXIII. Centrifugalpumpen. XXXIV. Wasserschrauben. XXXV. Sonstige Wasserhebung. XXXVI. Erdgewinnungs-Maschinen, Trockenbagger. XXXVII. Nassbagger. XXXVIII. Erdarbeiten am Suez-Canal. XXXIX. Arbeiter-Verhältnisse, Baracken.

Literatur über Stütz- und Futtermauern etc. findet sich im Texte zu „7 Tafeln Stützmauern etc.“ angegeben.

Druckfehler: pag. 71 unterste Zeile statt „Zuges“ lies „eines Zuges“.

Fig. 1. Stützmauer.

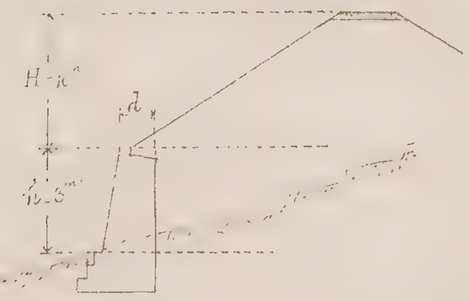


Fig. 2. Stützmauer

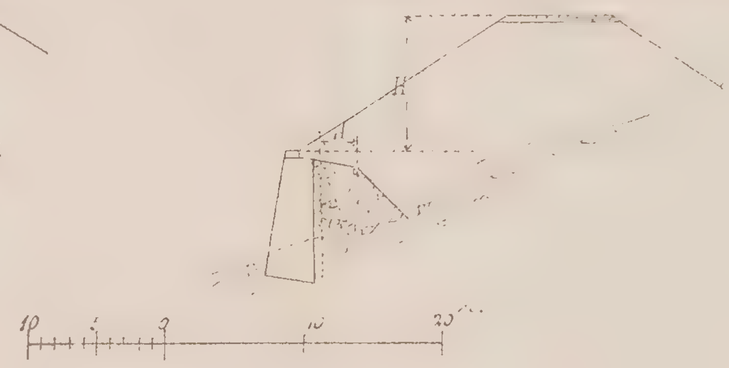


Fig. 3. Futtermauer.

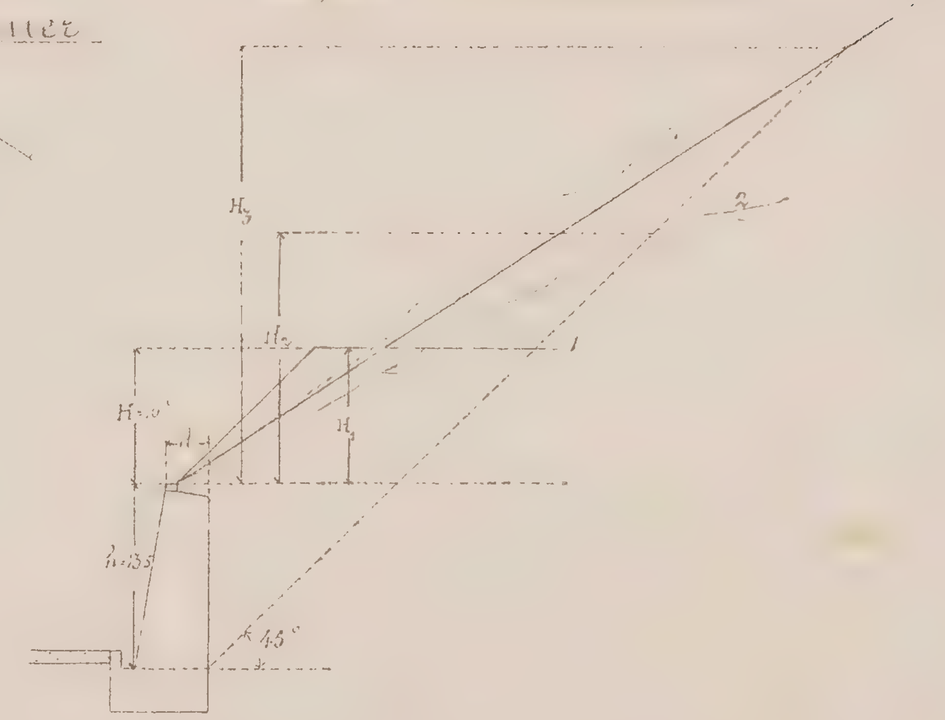


Fig. 6.

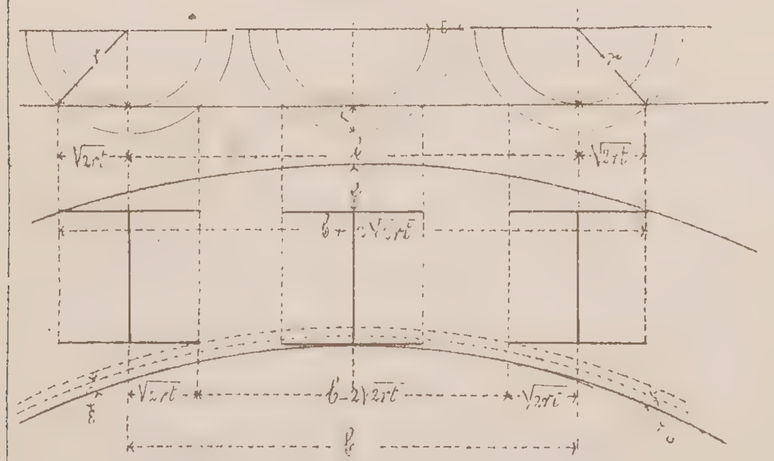


Fig. 4.

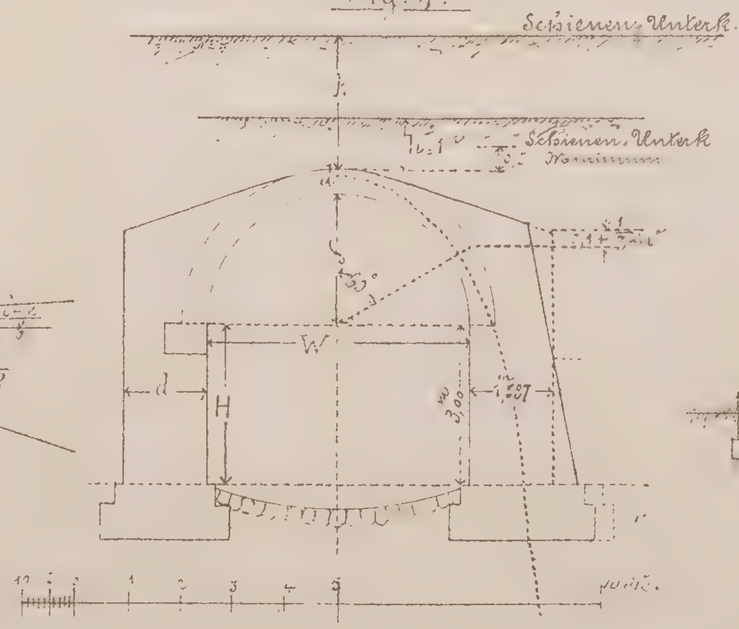


Fig. 5.

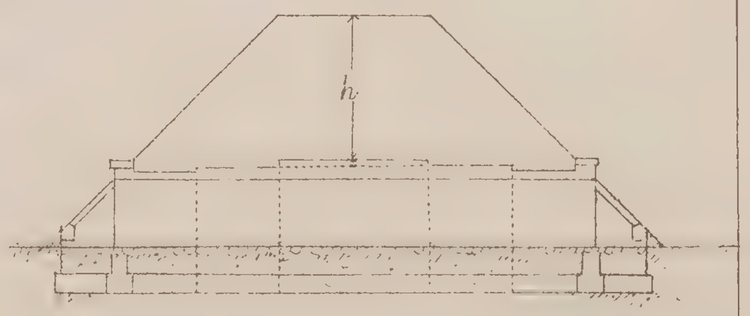
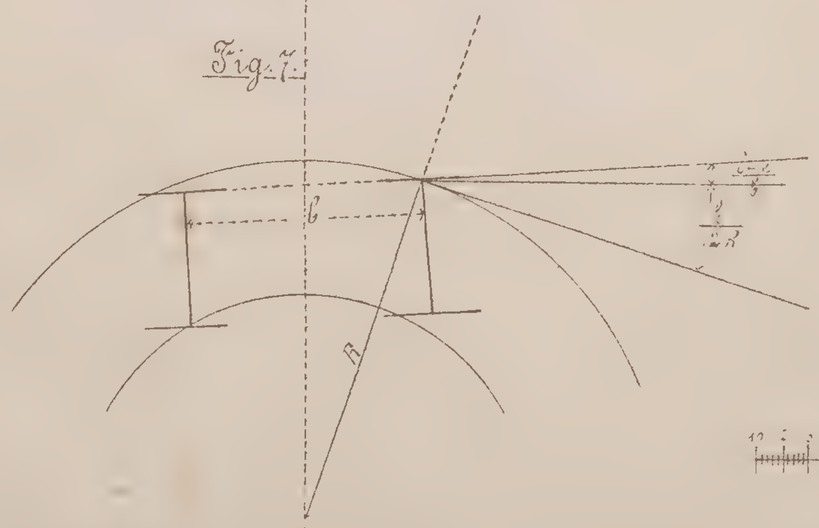
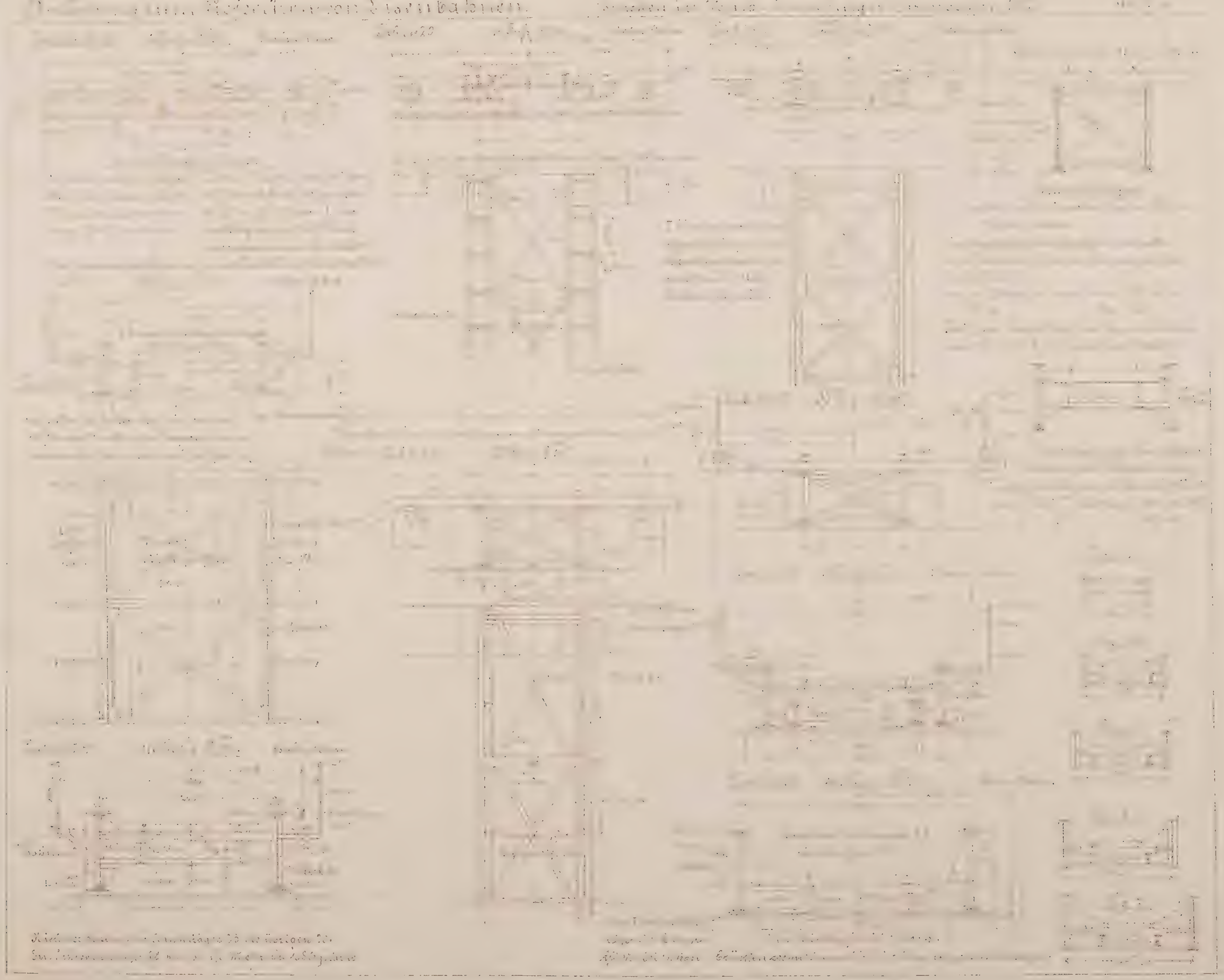
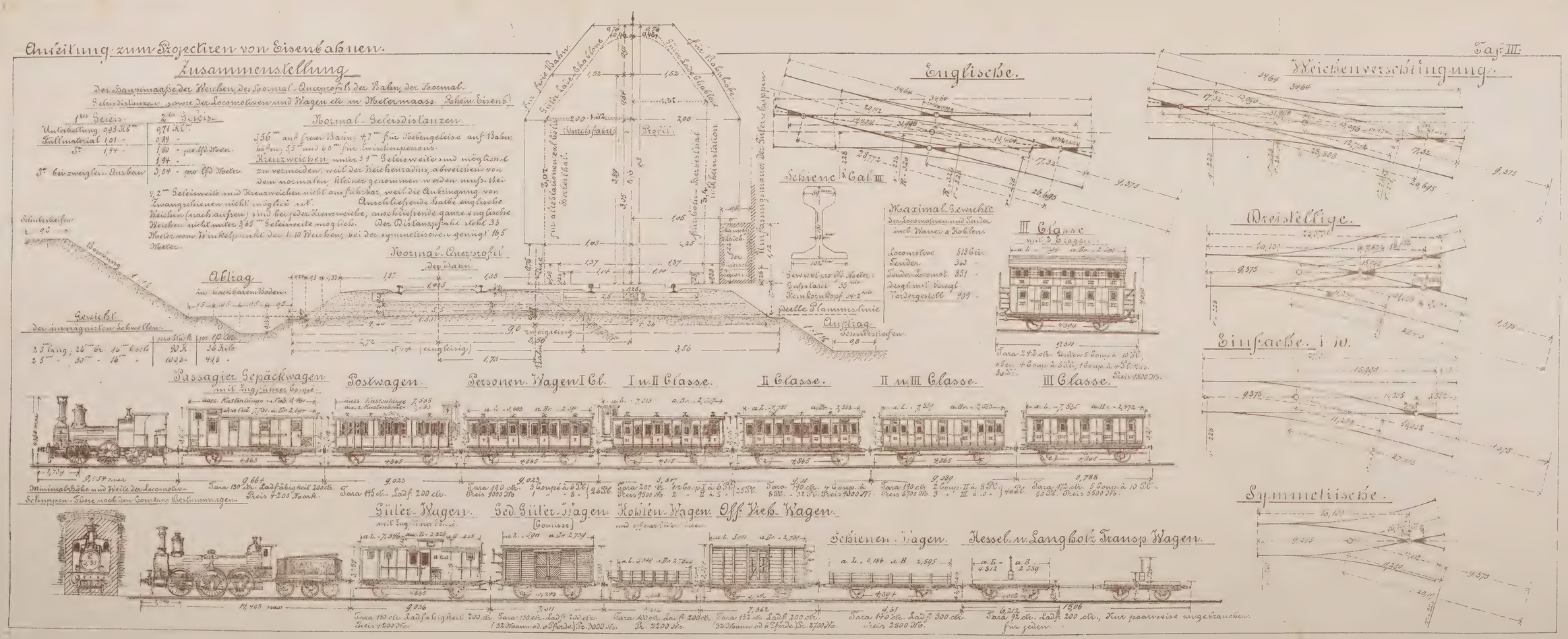


Fig. 7.






Anleitung zum Projectiren von Eisenbahnen.
Taf. III.
Zusammenstellung
Der Hauptmaaße der Weichen, des Normal-Querprofils der Bahn, der Normal-Geleisdistanzen sowie der Locomotiven und Wagen etc. in Metermaass. (Rhein. Eisenb.)
1tes Geleis.
2tes Geleis.
Unterbettung 0,93 Kbm.
Füllmaterial 1,01 -
Sr. 1,94 -
0,71 Kbm.
0,89 -
1,60 - pro lfd. Meter.
1,94 -
Sr. bei zweigleis. Ausbau 3,54 - pro lfd. Meter.
Normal-Geleisdistanzen.
3,56m auf freier Bahn; 4,7m für Nebengeleise auf Bahnhöfen; 5,5m und 6,0m für Zwischenperrons.
Kreuzweichen unter 3,9m Geleisweite sind möglichst zu vermeiden, weil der Weichenradius, abweichend von dem normalen, kleiner genommen werden muss. Bei 4,2m Geleisweite und Kreuzweichen nicht ausführbar, weil die Anbringung von Zwangschienen nicht möglich ist. Anschliessende halbe englische Weichen (nach aussen) sind bei jeder Kreuzweiche, anschliessende ganze englische Weichen nicht unter 3,65m Geleisweite möglich. Der Distanzpfahl steht 33 Meter vom Winkelpunkt der 1:10 Weichen, bei der symmetrischen genügt 16,5 Meter.
Normal-Querprofil der Bahn
Abtrag in hackbarem Boden.
Gewicht der imprägnirten Schwellen.
pro Stück
pro lfd. Mtr.
2,5m lang, 26cm br. 16cm hoch 90 K. 36 Kilo
2,5m - 30cm - 16cm - 103,8 - 41,5 -
Schutzstreifen
Böschung
Für freie Bahn.
Güter Lade-Chablone
Güter Lade-Chablone
für Bahnhöfe.
Durchfahrt
Profil.
für alte Stationen ex. Cöln. Herbesthal.
für Cöln. Herbesthal u. Rheinstation
Umfassungsmauer der Güterschuppen
Zweigleisig
Bahn
Auftrag
Schutzstreifen.
Englische.
Schiene Cal. III
Gewicht pro lfd. Meter:
Gußstahl 35 Kilo
Feinkornkopf 34,2 Kilo
Maximal-Gewichte der Locomotiven und Tender incl. Wasser & Kohlen.
Locomotive 818 Ctr.
Tender 360 -
Tender-Locomot. 851 -
desgl. mit bewegl. Vordergestell 909 -
III Classe mit 2 Etagen.
Tara 242 ctr. Unten 5 Coup. à 10 Pl., oben 4 Coup. à 5 Pl., 1 Coup. à 4 Pl. zus. 50 Pl. Preis 9800 Mk.
Weichenverschlingung.
Dreistellige.
Einfache. 1:10.
Symmetrische.
Passagier Gepäckwagen mit Zug-führer Coupé.
Postwagen.
Personen-Wagen I Cl.
I u. II Classe.
II Classe.
II u. III Classe.
III Classe.
Minimal-Höhe und Weite der Locomotiv-Schuppen-Thore nach den Constanz-Bestimmungen.
Tara 130 ctr. Ladfähigkeit 200 ctr. Preis 4200 Mark.
Tara 145 ctr. Ladf. 200 ctr.
Tara 190 ctr. 3 Coupé à 6 Pl. Preis 9000 Mk.
Tara 200 ctr. 1/2 Coup. I à 6 Pl. Preis 9500 Mk.
Tara 190 ctr. 4 Coup. à 8 Pl. 32 Pl. Preis 9000 Mk.
Tara 190 ctr. 2 Coup. II à 8 Pl. Preis 6700 Mk.
Tara 172 ctr. 5 Coup. à 10 Pl. 50 Pl. Preis 5500 Mk.
Güter-Wagen mit Zug-führer Coupé.
Ged. Güter-Wagen [Comisse]
Kohlen-Wagen und offener Güter-Wagen
Off. Vieh-Wagen.
Schienen-Wagen.
Kessel- u. Langholz Transp. Wagen.
Tara 130 ctr. Ladfähigkeit 200 ctr. Preis 4200 Mk.
Tara 130 ctr. Ladf. 200 ctr. (32 Mann od. 6 Pferde) Pr. 3000 Mk.
Tara 100 ctr. Ladf. 200 ctr. Pr. 2200 Mk.
Tara 132 ctr. Ladf. 200 ctr. (32 Mann od. 6 Pferde) Pr. 2700 Mk.
Tara 140 ctr. Ladf. 300 ctr. Preis 2800 Mk.
Tara 92 ctr. Ladf. 200 ctr., Nur paarweise zugebrauchen für jeden.

[illegible]

Technischer Verlag von J. A. Mayer in Aachen.

Durch alle Buchhandlungen ist zu beziehen:

Die Brücken der Gegenwart.

Systematisch geordnete Sammlung der geläufigsten, neueren Brückenconstructionen,

gezeichnet

von Studirenden des Brückenbaues an der Kgl. rheinisch-westphälischen polytechnischen Schule zu Aachen.

Zum Gebrauche bei Vorlesungen und Privatstudien über Brückenbau, sowie bei dem Berechnen, Entwerfen und Veranschlagen von Brücken

zusammengestellt und mit Text begleitet

von

Dr. F. Heinzerling,

Kgl. Baurath und Professor an der Kgl. rheinisch-westphälischen polytechnischen Schule zu Aachen.

Erste Abtheilung: Eiserne Brücken.

Heft 1. Eiserne Balkenbrücken mit vollen Wandungen.

Mit 6 lithographirten Tafeln in gross Doppel-Folio und 7 Bogen Text mit 11 Holzschnitten. Preis 6 M..

Heft 2. Eiserne Balkenbrücken mit parallelen Gurten und gegliederten Wandungen.

Mit 6 lithographirten Tafeln in gross Doppel-Folio und 12 Bogen Text mit 62 Holzschnitten. Preis 8 M. 40 Pf.

Heft 3. Eiserne Balkenbrücken mit polygonalen Gurten und gegliederten Wandungen.

Mit 6 lithographirten Tafeln in gross Doppel-Folio, 23 Bogen Text mit 2 Texttafeln und 128 Holzschnitten. Preis 18 M.

Zweite Abtheilung: Steinerne Brücken.

Heft 1. Durchlässe, Viaducte und kleine Brücken.

Mit 6 lithographirten Tafeln in gross Doppel-Folio und 12 Bogen Text mit 38 Holzschnitten. Preis 10 M.

Heft 2. Strombrücken, Thalbrücken und Aquaducte.

Mit 6 lithogr. Tafeln in gr. Doppel-Folio, 12 Bogen Text mit 3 Texttafeln und vielen Holzschnitten. Preis 10 Mark.

Dritte Abtheilung. Hölzerne Brücken und Lehrgerüste.

Mit 6 lithographirten Tafeln in gross Doppel-Folio und 12 Bogen Text mit 53 Holzschnitten. Preis 10 Mark.

Der Eisenhochbau der Gegenwart.

Systematisch geordnete Sammlung neuer eiserner Hochbauconstructionen.

Zum Gebrauche

bei dem Entwerfen, Berechnen und Veranschlagen von Eisenhochbauten

zusammengestellt und mit Text begleitet

von

Dr. F. Heinzerling,

Kgl. Baurath und Professor an der Kgl. rheinisch-westphälischen polytechnischen Schule zu Aachen.

1. Heft. Hochbauten mit eisernen Pult- und Satteldächern.

Mit 6 lithographirten Tafeln in gross Doppel-Folio und 19 Bogen Text mit 139 Holzschnitten.
Preis 11 Mark.

Druck von *J. J. Beaufort (F. N. Palm)* in Aachen.

Hntin

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Kaven, August <<von>>,

Vorträge über Ingenieur-Wissenschaften an der polytechnischen Schule zu Hannover später: Vortraege über Eisenbahnbau an der Kgl. technischen Hochschule zu Aachen
Bd.: 6

Hannover 1878

4 A.hydr. 48 u-6
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11363782-1